VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 32

KULTTUURITEKNILLISIÄ MAAPERÄTUTKIMUKSIA ERIKOISESTI OJAETÄISYYTTÄ SILMÄLLÄPITÄEN

VILJELYKSELLISESTI TÄRKEÄT MAALAJIMME OJAETÄISYYKSIEN MÄÄRÄÄMISPERUSTEET

LAURI KESO

REFERAT

KULTURTECHNISCHE BODENUNTERSUCHUNGEN MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER STRANGENTFERNUNG

DIE ACKERBAULICH WICHTIGSTEN BODENARTEN FINNLANDS. DIE BEIM BESTIMMEN DER STRANGENTFERNUNG ANGEWANDTEN METHODEN

HELSINKI 1930
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

SISÄLLYSLUETTELO.

	Sivu
Alkulause	5
Johdanto	8
A. Tutkittujen maalajien ominaisuudet	13
1. Tutkimukseen otettujen maalajien valinta	13
2. Näytteiden ottopaikat ja -ajat	14
3. Näytteiden otto	14
4. Havainnot näytteitä otettaessa	32
5. Mekaaninen maa-analyysi	41
6. Humusainesten määräys	56
7. Maan paino	58
8. » huokoisuus	70
9. » vesikapasiteetti ja hygroskooppisuus	72
10. » konsistenssiominaisuudet	80
11. » kuivumiskutistuminen	82
12. » tehopinta	89
13. » vedenläpäisykyky	101
14. Veden nousu maassa	131
15. Maan kemiallinen kokoomus	165
16. Maalajien luokittelu	169
17. Eri maalajien ominaisuudet	179
18. Maalajien määrääminen makroskooppisesti	189
19. Eri maalajien levenemisalueet ja viljelyslaajuus	192
B. Ojaetäisyyksien määräämisessä käytetyt menetelmät	196
1. Aikaisemmat esitykset ojaetäisyyden määräämisestä	196
2. Ojaetäisyyksien määräämismenetelmien sovelluttaminen tutkimuksessa käsiteltyihin maalajeihin	221
3. Ojaetäisyyksien määräämismenetelmien soveltuvaisuus	243
4. Ojaetäisyyskokeista	261
Referat	271

Alkulause.

Vielä aivan viime aikoina on meilläkin pyritty määräämään salaojituksissa imuojaetäisyydet Saksassa ja Tshekko-Slovakiassa esitettyjen teoriojen antamien ohjeiden mukaan, jotka teoriat miltei yksinomaan kiinnittävät huomiota maan hiukkassuuruuteen.

Jo ilmastollisten olojemme erilaisuus, etupäässä pienemmän lämpimyyden ja kasvukauden lyhemmyyden vuoksi, sekä toisenlainen viljelyksemme olisivat olleet omiansa antamaan riittävästi aihetta tarkistavaan tutkimukseen siitä, miten mainittuja teorioja olisi meikäläisissä oloissa käytäntöön sovellutettava.

Nämä syyt eivät kuitenkaan ole johtaneet tämän tutkimuksen toimittamiseen, vaan se on aiheutunut pääasiassa siitä, että itse teoriojen peruste ei ole tuntunut käytännössä antavan oikeata pohjaa eri maalajien kuivatustarpeen arvioimiselle.

Jo käytännöllisen toimintani alkuvuosina jouduin läheisesti tekemisiin salaojitushankkeitten kanssa niiden suunnittelijana. Maaperätutkimuksissani kiintyi tällöin huomioni kuivumisen aiheuttaman kutistumisen synnyttämään rakoiluun. Tämän rakoilun suuruus vaihteli savimaiden laadun mukaan, ja saattoi tavallisissa viljelyssavimaissamme tavata jopa yli 2 cm:nkin suuruisia halkeamia. Pidin selvänä, että tällainen ominaisuus maassa oli omiansa vähentämään ojien tarvetta ja käytin suunnitteluissa sitä suurempaa ojaetäisyyttä mitä voimakkaampana tämä rakoilu esiintyi. Menettelyni oikeutuksesta tulin yhä vakuutetummaksi, kun kesällä 1919 tutkiessani sementtisten salaojaputkien kestävyyttä tapasin maissa, jotka lieteanalyysin antamien tuloksien perusteella oli salaojitettu 8—10 metrin imuojaleveyttä käyttäen, aivan lähellä täyttä salaojasyvyyttä jopa 1 cm:n levyisiäkin rakoja.

Jouduttuani Suomen Salaojitusyhdistyksen toimitusjohtajana läheisesti tutkimaan maaperäsuhteita ympäri maatamme havaitsin myös, että valtavin osa viljelyksistämme käsitti laatuunsa nähden määrätynlaisia maalajeja sekä että nämä maalajit fysikaalisiin ominaisuuksiinsa nähden muodostivat vähitellen muuttuvan sarjan.

Tämä johti ajatukseen suorittaa yksityiskohtainen tutkimus näiden eri maalajien päätyypeistä etupäässä niiden fysikaalisten ominaisuuksien selville saamiseksi sekä järjestää suoranaiset kokeet näillä mailla ojaetäisyyksiin nähden. Tällaisen tutkimuksen ja kokeilun perusteella selvenisi maan laadun osuus kuivatustarpeeseen, ja kussakin maalajissa edullisin ojaetäisyys saataisiin määrätyksi. Suorittamalla myöhemmin maalajien uusintatutkimus voitaisiin päästä selville myös siitä, mihin suuntaan kuivatus muuttaa kunkin maalajin ominaisuuksia.

Pidin tärkeänä, että kuhunkin maalajiin nähden suoritettaisiin mahdollisimman monipuolinen tutkimus sen luonnollisessa olotilassa ja että tämä tutkimus maaperässä ulotettaisiin yhtäjaksoisesti aina kulttuuriteknillisesti varsin merkitsevään 1.2 metrin syvyyteen asti. Tämän vuoksi oli tarpeen suunnitella uusia tutkimus- ja näytteiden ottovälineitä. Vuoteen 1922 mennessä olin mielestäni päässyt riittävän yksinkertaisiin ja tarkoitusta vastaaviin tuloksiin tässä suhteessa.

Vv. 1922—23 suoritin sitten valmistelevia tutkimuksia eri maatyypeistä. Osittain näiden tutkimuksien perusteella esitin kevättalvella 1924 varsinaisen k. o. asiaa koskevan tutkimus- ja koesuunnitelman silloiselle väliaikaiselle koetoimintavaliokunnalle. Tämän suunnitelman mukaisesti pantiin koetoiminta käyntiin kesällä 1925.

Tämän teoksen I osan tehtävänä on pääasiassa esittää vain näiden valmistavassa tutkimuksessa käsiteltyjen ja koealueilta otettujen viljelyksellisesti tärkeiden maalajiemme tutkimuksessa saadut ominaisuudet, minkä ohella käsitellään kysymystä siitä, mitä edellytyksiä meillä on aikaisempien menetelmien sovelluttamiseen ojaetäisyysmääräyksissä sekä missä määrin nämä menetelmät yleensä ovat tarkoituksenmukaisia.

Teoksen II osassa tultaisiin käsittelemään ojaetäisyyskokeitten järjestelyä sekä niiden antamia tuloksia. Mahdollisesti julkaistavassa III osassa taasen käsiteltäisiin kysymystä kuivatuksen maan ominaisuuksia muuttavasta vaikutuksesta.

Tämä tutkimus kuuluu yhtenä osana Suomen Salaojitusyhdistyksen tutkimusohjelmaan.

Siitä useana vuonna myönnetystä apurahamäärästä, minkä Maatalouden koetoiminnan keskusvaliokunta on myöntänyt äsken mainitun tutkimussarjan toimittamiseen, on osa myös tullut tämän tutkimuksen osalle, josta saan parhaiten kiittää, samaten kuin siitä suuriarvoisesta avustuksesta, minkä Keskusvaliokunta on suonut kustantaessaan tämän painatuksen.

Hygroskooppisuus- ja pH- sekä CaO-, Al_2O_3- ja Fe_2O_3-määräykset on suorittanut Valtion maatutkimuslaitos; vain näytteistä 3 ja

4 on kemialliset analyysit suorittanut Valtion maanviljelyskemiallinen laboratorio.

Mekaaniset maa-analyysit, ominaispaino- ja hehkutuskevennysmääräykset on suorittanut pääasiassa tekn. ylioppilas VOITTO JÄÄSKELÄINEN ja osittain tekn. ylioppilas PENTTI KAITERA.

Orgaanisten maalajien botaaniset analyysit on suorittanut fil. tohtori MAUNO J. KOTILAINEN.

Näille kaikille ynnä professori J. VALMARILLE, joka on sallinut minun käyttää tutkimuksissani Helsingin yliopiston maanviljelyskemiallista laitosta sekä antanut asiaa koskevia neuvoja, saan lausua parhaat kiitokseni.

Parhaat kiitokseni lausun myöskin niille lukuisille tilanomistajille, jotka tiloillaan auliisti ovat avustaneet näytteiden ottoa.

Kiitollisuuden velassa olen myöskin useille henkilöille, joilta suullisissa keskusteluissa olen saanut monta varteenotettavaa neuvoa, ja varsinkin fil. tohtori B. AARNIOLLE, jonka kanssa olen yksityiskohtaisesti pohtinut useimpia tutkimuksessani käsitellyistä kysymyksistä, sekä professori I. A. HALLAKORVELLE.

Helsingissä, tammikuussa 1930.

Tekijä.

Johdanto.

Kulttuuriteknillisiä päätehtäviä ovat viljelyksellisiä tarkoituksia edistävä maan kuivatus ja vesitys. Kuivatuksellisesti merkitsevin maan ominaisuus on sen vedenläpäisykyky. Tämä läpäisykyky on riippuvainen maan useista eri ominaisuuksista. Erikoisesti vesityksen kannalta on tämän ohella maan vedenpidätyskyvyllä ja kapillaarisuudella tärkeä merkitys.

Maaperän fysikaalisten ominaisuuksien tunteminen kulttuuriteknillisissä hankkeissa on tarpeen myöskin rakenneteknilliseltä ja työteknilliseltä kannalta. Rakenneteknillisessä suhteessa on tärkeätä tietää m. m., mikä luiskakaltevuus ja vedenkulkunopeus vesiväylissä missäkin maalajissa on sopivin, samaten kuin näiden erilainen kantavuus sekä painuminen ja kutistuminen. Työteknillisessä suhteessa taasen tulee maaperän tuntemus kysymykseen käytettävien työvälineiden ja menetelmien määräämisen sekä kustannusarvioitten laatimisen kannalta.

Kun kulttuuriteknikkojen tehtäviin tavallisesti kuuluu myöskin kustannusten osittelu eri osakasten kesken yhteisissä kuivatushankkeissa, on heidän tämän vuoksi tunnettava myöskin eri maalajien viljelysarvo.

Kulttuuriteknillisessä toiminnassa tulee siis maaperäntuntemus mitä moninaisimmalla tavalla kysymykseen.

Kun tämän tutkimuksen tarkoituksena on etupäässä ojaetäisyyden kannalta käsitellä maan ominaisuuksia, voitaisiin ajatella vain joidenkin määrättyjen tässä suhteessa tärkeäksi katsottujen ominaisuuksien määräämistä tarpeelliseksi. Kun kuitenkaan ei ole vielä varmaa tietoa siitä, mikä tai mitkä ne ominaisuudet ovat, joiden perusteella ojaetäisyys on tarkoituksenmukaisimmin määrättävissä, en ole tutkimustani rajoittanut tähän. Mahdollisimman monien maan ominaisuuksien määrääminen tällaisen sarjatutkimuksen yhteydessä antaa työlle sitä paitsi monipuolisemman merkityksen, on helposti muun ohella suoritettavissa ja luo edellytyksiä tulosten sovelluttamiseen muihinkin kulttuuriteknillisiin tarkoituksiin sekä on omiansa

luonnehtimaan eri maalajeja monipuolisemmin. Täten ojaetäisyydenkin kannalta tärkeä maalajin määrääminen käy paremmin mahdolliseksi.

Vaikka olenkin näin menetellyt, en ole kuitenkaan katsonut oikeaksi tässä teoksessa vetää tutkimuksen tuloksista kaikkia niitä johtopäätöksiä, mitkä sen perusteella voitaisiin tehdä ja saattaisi kulttuuriteknillisessä mielessä olla tärkeätä, vaan olen tässä suhteessa pitänyt silmällä pääasiassa vain ojaetäisyyden määräystä.

Eri maalajien synnyn (genesis) tunteminen tekee mahdolliseksi yleistää tutkimuksen tuloksia sekä on omiansa helpottamaan maaperäominaisuuksien käsittämistä. Tämän vuoksi sekä kun siitä samalla osittain selviää eri maalajien levenemisalueet, käsittelen seuraavassa lyhyesti maalajiemme syntyä.

Suomen maamuodostumat ovat peräisin pääasiassa viimeiseltä maassamme vallinneelta jääkaudelta ja sen jälkeiseltä ajalta [DE GEER, RAMSAY, LEIVISKÄ, SAURAMO, j. n. e. (2; 1928)].

Mannerjään sulaessa laskeutui sen reunan eteen jään kulkiessaan pohjalla olevasta maasta ja kalliosta mukaansa ottamat ainekset. Nämä pohjalla olevan jään sisältämät ainekset jäivät verraten lajittumattomina paikoilleen. Täten syntyneet somerikko-(moreeni-) maalajit leviävät pääasiassa suhteellisen ohuena peitteenä miltei yli koko Suomen. Somerikkojen kokoomus on varsin vaihteleva ja ne sisältävät yleensä kaikkia raesuuruuksia louheista saveen saakka. Toisin paikoin ne saattavat olla siinä määrin hiesusavi- tai hietavaltaisia, että niitä voidaan käyttää hyvin viljelykseenkin.

Samanaikaisesti kuin nämä somerikot syntyivät jäätiköiden sulaessa, huuhtoivat jäätikkövirrat niistä mukaansa hienompia aineksia, jotka sitten näiden virtojen suistamoilla liettyivät siten, että kivet ja sora pysähtyivät proksimaali-osaan ja siitä lähtien distaalisuunnissa hiekka ja hieta. Vielä hienommat hiukkaset, hiesu ja savi, kulkeutuivat pitemmälle järveen tai mereen. Maanpinnan kohoutuessa ovat nämä järvien ja merien pohjille syntyneet maat sittemmin aikain kuluessa tulleet esiin. Lietteen laskeutumisessa on ollut eroa sen mukaan, onko jokivesi laskenut suolaiseen vai suolattomaan veteen. Suolaköyhissä järvivesissä laskeutuvat lieteaineksista karkeat hiukkaset nopeammin, kuin hienot, josta aiheutui maalajien kerroksellisuus. Merivedessä vaikuttavat koaguloivasti elektrolyytit, jonka vuoksi ei tällaista erittelyä tapahdu eikä selvää kerroksellisuutta maalajeihin tavallisesti synny.

Etelä-Suomen vapautuessa jäätiköstä peitti sitä balttilainen jääjärvi, jonka peittämille alueille syntyi kerroksellisia savimaita. Tätä vaihetta seurasi *Ancylus*-kausi. Ancylus-järven vesi oli suolatonta. Ilmastolliset suhteet olivat kuitenkin jo muuttuneet siten, että Ancylus-järvessä oli elollista elämää. Tanskan salmien auettua joutui Ancylus-järvi valtameren yhteyteen ja *Litorina*-kausi alkoi. Vesi Litorina-meressä oli suolaista; sen suolapitoisuus oli 0.8—1.3 % (117; 1900; 66). Ilmaston paranemisen vaikutuksesta oli Litorina-meressä rikas flora ja fauna. Siihen kerrostuneet maalajit ovat suolapitoisia ja niissä on runsaasti orgaanisia aineita.

Kulttuuriteknillisessä mielessä on merkityksellistä, että jääkauden aikaiset maalajit ovat rakenteeltaan tiiviimpiä kuin jääkauden jälkeiset. Täten Ancylus-kauden loppuajalla syntyneiden maalajien rakenne on jo löyhempi.

Näissä alkuperäisissä jäätikköjen sulaessa syntyneissä maalajeissa on sittemmin tapahtunut sekundäärisiä muutoksia. Nämä muutokset ovat osittain mekaanisia, osittain kemiallisia, ja on niiden vaikutuksesta saattanut syntyä joko suorastaan uusia maalajeja tai vain aiheutua määrätynlaisia muutoksia jo syntyneissä maalajeissa.

Sadevedet huuhdellen maanpintaa vievät mukanaan hienoja hiukkasia lietteenä ja jossain määrin myös liuoksena; nämä vedet kokoontuvat vähitellen puroiksi ja joiksi, jotka syövyttävät itselleen yhä syvempiä ja syvempiä uomia ottamalla mukaansa maata, joka uudelleen liettyy jokien suistamoiden edustalle.

Merien ja järvien rantamilla tapahtuu tyrskyjen aiheuttaman abrasion vaikutuksesta myöskin maa-ainesten siirtymisiä ja muutoksia maalajeissa.

Lämmön vaihtelu jäätymisilmiöineen on tärkeä tekijä varsinkin kivennäisainesten rapautumiselle. Sen muutoksia aiheuttava vaikutus on kuitenkin varsin hidas ja on tuntunut voimakkaammin vain rapakivigraniiteissa, joissakin diabaaseissa ja peridotiiteissa (2; 1928; 21)

Varsin tärkeä sekundääristen muutosten synnyttäjä on ollut myöskin pintakasvullisuus. Paitsi että tämä kasvullisuus on täysin muuttanut maalajien pintakerrosten ominaisuuksia (ruokamulta), on sen jätteistä saattanut syntyä uusia maalajejakin, turvemaita. Välillisesti on tämä kasvullisuus vaikuttanut sen, että virtaavat vedet jääkauden jälkeisinä aikoina ovat lietteenä ja liuoksena kuljettaneet kivennäisainesten ohella elollisia aineksia ja että jääkauden jälkeisenä aikana suistamoihin liettyneet maalajit täten sisältävät enemmän orgaanisia aineksia kuin jääkautiset. Orgaanisten ainesten määrää on osaltaan lisäämässä myös suistamojen rantakasvullisuus.

Tuulella on maalajeja muodostavana tekijänä meillä varsinkin maanviljelyksen kannalta vähäinen merkitys.

Vesi ei vaikuta muutoksia maakamarassa vain huuhtelemalla maanpinnalta mukaansa maa-aineksia puroihin ja jokiin, vaan myöskin painuessaan maan läpi pohjavesiin. Se vie tällöin pintamaasta osittain lietteenä ja osittain liuoksena aineksia syvemmälle, jotka siellä tavallisesti pohjavesirajan yläpuolella saattavat suureksi osaksi sakkautua ja pysähtyä maahan; täten tapahtuu pinnassa uuttuminen ja syvemmällä rikastuminen. Tällaisia alkuperäisessä maalajissa tapahtuvia muutoksia edistämässä ovat veden ohella lämpövaihtelut routimisilmiöineen, kuivumiskutistuminen ja kostumispaisuminen sekä pintakasvullisuus.

Maita, missä on tapahtunut tällaisia muutoksia, sanotaan podsolimaiksi ja sitä kerrostumaa, jossa muutokset ovat tapahtuneet, nimittää meillä Frosterus (1; 1914; 9) nimellä Solumtaso ja jaoittelee tämän seuraavasti:

A_1	Humuspitoinen kerros	eluvialinen taso	
A_2	Valkomaa »		
B_1	Ruostemaa »	illuvialinen »	
B_2	Palsikerros		
C	Pohjamaa	rapautumaton taso.	

Sauramo (2; 1928, 96) nimittää mainittua kerrostumaa mannuksi (= maalaatu: 3; 1916; 17 ja 4; 1917; 6 sekä ruots. jordmån: 5; 1929; 291 ja saks. Boden), jota nimitystä olen myöskin tässä tutkimuksessani käyttänyt.

Miten syvälle tällainen mantumuutos ulottuu, riippuu pääasiassa maalajista ja pohjavesikorkeudesta. Kun pohjaveden korkeudessa tapahtuu muutoksia, on mantumuutosten vaikutuskin maaprofiilissa tämän vuoksi vaihteleva, ja siitä johtuu maalajeissa eri syvyyksissä erilaisia muutoksia. Kiinnittäen tähän seikkaan huomiota ovat Ekström ja Flodkvist (6; 1926; 8—10) jakaneet maaprofiilin kolmeen eri kerrokseen (horisonttiin):

Ylempi kuivakuorikerros
Alempi »
Saippuasavikerros,

kiinnittäen tässä suhteessa siis huomiota yksinomaan savimaihin.

Erittäin elektrolyyttirikkaissa maissa vesi kuljettaa helppoliukoisia suoloja myös kapillaarisesti ylös pinnalle, jossa ne sakkautuvat veden haihtuessa. Näitä maita nimitetään suolamaiksi

Meikäläisen viileän ilmaston, mineraaliemme vaikealiukoisuuden, maalajiemme hienon tekstuurin ja suhteellisesti nuoren iän sekä pohjavesikorkeuden vuoksi ovat nämä maalajeissamme tapahtuneet mantumuutokset suhteellisesti vähäisiä ja vain matalaan ulottuvia varsinkin viljelykseen otetuissa maissa.

Kun kalliopohjamme on pääasiassa graniittia, gneissiä ja liusketta (7; 1920; 243—247), ja maalajimme ovat jäätiköitten kulutuksesta syntyneet näistä, kuljettuaan pitkät matkat ja sekoittuen keskenään sitä täydellisemmin mitä pitemmät matkat ne ovat joutuneet kulkemaan, ovat hienojakoisimmat maalajimme, kuten hieta-, hiesu- ja savimaat petrograafisesti jotenkin samanlaisia.

A. Tutkittujen maalajien ominaisuudet.

1. *Tutkimukseen otettujen maalajien valinta.*

Kuten jo alkulauseessa olen maininnut, kiintyi huomioni suorittaessani makroskooppisia maan tutkimuksia salaojitussuunnittelua varten ympäri Suomea siihen, että viljelysalueillamme sama maalaji useasti käsitti miltei koko viljelysalueen ja että eri maalajit olivat säilyneet suhteellisesti puhtaina sekä että maalajien vaihtuminen toiseksi tapahtui horisonttaalisuunnassakin verraten lyhyellä matkalla ilman välimuotolajeja. Näin oli asianlaita varsinkin savi- ja hiesumaissa, jotka muodostavat pääasialliset viljelysmaamme. Hiekka- ja hietamaitten kokoomuksessa sensijaan varsinkin lähellä harjuja oli havaittavissa suurempaa vaihtelua. Jo syntynsä perusteella on ymmärrettävää, että somerikkomaitten kokoomus pienilläkin alueilla saattaa olla varsin vaihteleva. Tämän vuoksi, ja kun somerikoilla viljelysmaina maassamme on suhteellisesti vähäinen merkitys, en ole niitä ottanut mukaan tutkimuksessa.

Kun täten käytännöllisen kokemuksen kautta olin päässyt selville, että viljelysmaittemme maalajeissa oli erotettavissa ominaisuuksiensa puolesta selvästi toisistaan poikkeavia tyyppejä, otin näistä näytteitä tarkempaa tutkimusta varten. Tutkimus osoitti maalajeilla olevan erilaisia ominaisuuksia niin hyvin tekstuuriin kuin struktuuriin nähden, jotka ominaisuudet muuttuivat maalajista toiseen yleensä määrättyyn suuntaan, vaikkakaan eivät aivan kaikkiin ominaisuuksiin nähden.

Valitsin sitten saamani käytännöllisen kokemuksen ja tämän valmistavan tutkimuksen perusteella yksityiskohtaista maan laatujen tutkimusta ja ojaetäisyyskokeilua varten maanviljelyksellisesti merkitsevimmät maalajit samalla kiinnittäen huomiota siihen, että nämä muodostavat ominaisuuksiensa puolesta toisistaan sopivalla etäisyydellä olevan sarjan.

2. *Näytteiden ottopaikat ja -ajat.*

Näytteiden numero ja maalajinimi, näytteiden ottopaikan asema, korkeus NN:n yläpuolella ja ottoaika, geologinen synty, paikallinen maastomuoto, viettävyys, viettosuunta ja kasvullisuus selviävät taulukosta I, oheisesta yleiskartasta, kuva 1, ja erikoiskartoista, kuvat 2—14, joiden mittakaava on 1 : 20000.

Taulukossa olen käyttänyt myöhemmin esittämäni luokittelun (sivu 177) mukaisia maalajinimityksiä.

Geologisen synnyn olen määrännyt vertaamalla tutkimukseni maalajeja Frosteruksen, Aarnion ja Sauramon tutkimuksissa esitettyihin maalajeihin.

3. *Näytteiden otto.*

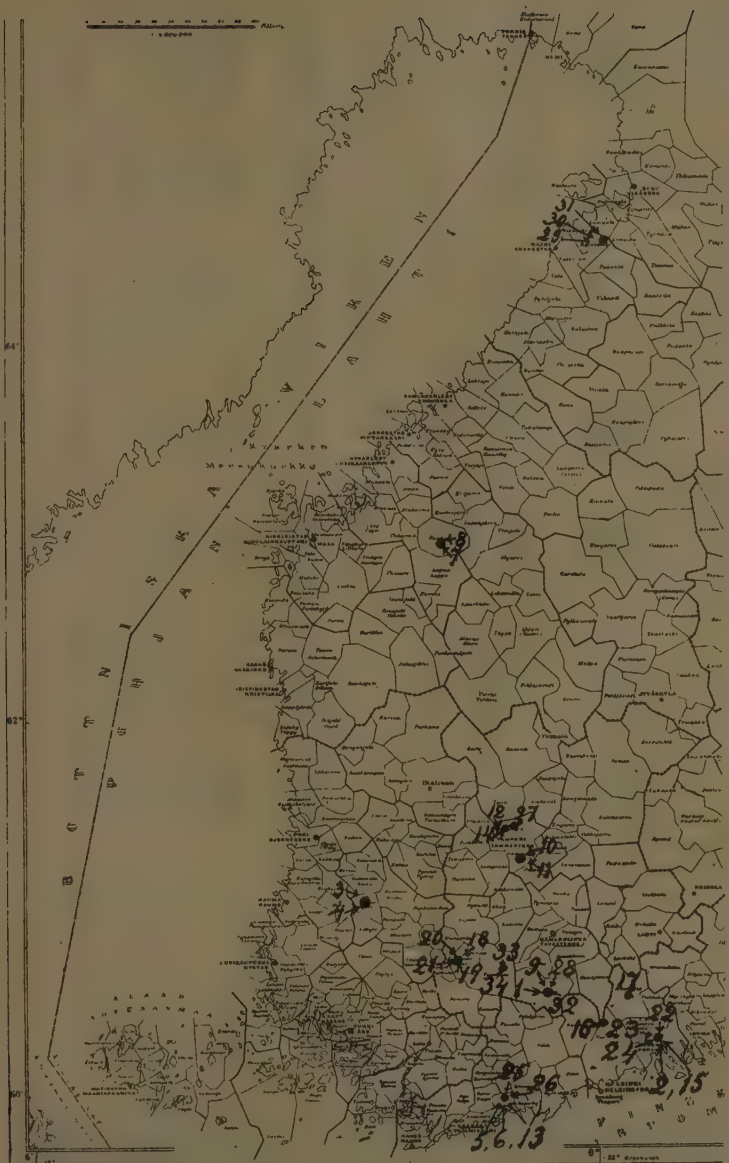
Maanviljelyksellinen maaperätutkimus on suuntautunut käsittelemään maaperäkysymyksiä miltei yksinomaan puhtaan kasviviljelyksen kannalta. Tällöin on jouduttu ulottamaan tutkimukset useasti vain ruokamultakerrokseen ja korkeintaan mantukerrokseen eli tavallisesti pinnasta noin 50—60 cm:n syvyyteen.

Yleensä ei myöskään niissä maaperätutkimuksissa, joiden tarkoituksena on ollut tuoda selvyyttä kulttuuriteknillisiin kysymyksiin, ole käsitelty koko asiaan vaikuttavaa maakerrostumaa yltäjaksoisesti, vaan on näytteet otettu makroskooppisen arvion perusteella maakerrostuman keskimääräisiä ominaisuuksia silmällä pitäen.

Täten esim. on otettu ne näytteet, joita Unterausschuss für kulturtechnische Bodenuntersuchung (UkBo) des deutschen Ausschusses für Kulturbauwesen on käyttänyt tutkimuksissaan mekaanisten menetelmien soveltuvaisuudesta ojaetäisyyksien määräämisessä; nämä näytteet otettiin yleensä n. 15—20 cm vahvasta maakerrostumasta 50—110 cm:n välillä vaihtelevasta syvyydestä (8; 1928; 42—57) pinnasta lukien.

Vain muutamissa mannun muodostumista sekä maalajeja ja niiden syntyä koskevissa tutkimuksissa on maaperää käsitelty syvemmältä, vaikka harvemmin tällöinkään yhtäjaksoisesti. Maalajiluokittelua varten suorittamissaan tutkimuksissa on Ekström (9; 1927; 140—147) ottanut näytteet varsin vaihtelevista syvyyksistä, 0.2—5.0 metriin asti, mainitsematta näytteeksi otetun maakerrostuman vahvuutta.

Frosterus (1; 1914. 4; 1917. 11; 1924) käyttää yleensä lieteanalyysejä varten eri syvyyksistä otettuja erillisiä näytteitä, mutta on



Kuva 1.

Taulukko I. **Tabelle I.**

Näytteen N:o Nummer der Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maalaji Bodenart	Hieta	Hieta	Hiekkahieta hiesusavi	Hiekkahieta hiesusavi	Hiekka hiesusavi	Hiesusavi hieta	Savihiesu	Savihiesu	Hietahiesu hiesusavi
Ottopaikka Greenwich Entnahmestelle Greenwich	60° 44.4′ 24° 41.8′	60° 24.4′ 25° 40.0′	61° 6.3′ 22° 21.9′	61° 6.3′ 22° 21.6′	60° 4.5′ 23° 55.5′	60° 4.5′ 23° 55.7′	63° 6.0′ 23° 7.7′	63° 6.2′ 23° 7.7′	60° 44.3′ 24° 41.8′
Pitäjä Gemeinde	Loppi	Porvoon p.	Köyliö	Köyliö	Inkoo	Inkoo	Kauhava	Kauhava	Loppi
Tila Gut	Kormu	Kiiala	Kepola	Kepola	Vestankvarn	Vestankvarn	Jokiniemi	Jokiniemi	Kormu
Korkeus NN:n yläpuolella Höhe über NN	125 m	6 m	47 m	48 m	19 m	13 m	40 m	40 m	119 m
Ottoaika Datum der Entnahme	19. V. 1923	19. IX. 1923	5. IX. 1927	5. IX. 1927	5. VI. 1923	30. V. 1923	12. X. 1926	13. X. 1926	21. V. 1923
Geologinen synty Geologische Abstammung	glasiaalinen	glasiaalinen	postglasiaal. glasiaalinen	postglasiaal. glasiaalinen	postglasiaal. glasiaalinen	glasiaalinen	postglasiaal.	postglasiaal.	postglasiaal. glasiaalinen
Maastomuoto Geländegestaltung	harjuinen ja mäkinen	kumpuinen	tasainen kangas	tasainen kangas	mäkinen ja kallioinen	mäkinen ja kallioinen	tasankomaita	tasankomaita	harjuinen ja mäkinen
Viettävyys n. Gefälle c.	3.0 %	4.0 %	0.30 %	0.60 %	10.0 %	0.75 %	0.40 %	0.40 %	6.0 %
Viettosuunta Geländeneigung nach	etelään	lounaiseen	kaakkoon	kaakkoon	pohjoiseen	itään	etelään	etelään	kaakkoon
Kasvullisuus Vegetation	peruna	III heinä	rukiin sänki	rukiin sänki	II heinä	juurikasvi	III heinä	III heinä	kynnös
Karttakuva Karten Nr.	3	2	6	6	4	4	5	5	3

Näytteen N:o Nummer der Probe	10	11	12	13	14.	15	16	17	18
Maalaji Bodenart	Tiivis hiesu-savi	Tiivis hiesusavi	Tiivis hiesusavi	Tiivis hiesusavi	Hiesusavi	Lihava savi	Lihava savi	Lihava savi	Lihava savi
Ottopaikka Greenwich Entnahmestelle Greenwich	61° 27.1′ 24° 11.3′	61° 27′ 24° 11.3′	61° 32.6′ 23° 55.5′	60° 4.4′ 23° 55.5′	61° 32.6′ 23° 55.5′	60° 24.4′ 25° 40.1′	60°33.8′ 25° 3.9′	60° 36.2′ 25° 17.3′	60° 48.4′ 23° 30.9′
Pitäjä Gemeinde	Kangasala	Kangasala	Aitolahti	Inkoo	Aitolahti	Porvoon p.	Hyvinkää	Mäntsälä	Jokioinen
Tila Gut	Vääksy	Vääksy	Keso	Vestankvarn	Keso	Kiiala	Tiensuu	Hirvihaara	Ojastenpelto
Korkeus NN:n yläpuolella Höhe über NN	92 m	93 m	99 m	19 m	97 m	4 m	30 m	38 m	89 m
Ottoaika Datum der Entnahme	6. X. 1926	7. X. 1926	15. VIII. 1923	2. VI. 1923	16. VIII. 1923	18. IX. 1923	28. VIII. 1923	14. VI. 1923	8. VIII. 1925
Geologinen synty Geologische Abstammung	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen
Maastomuoto Geländegestaltung	harjuinen ja mäkinen	harjuinen ja ja mäkinen	mäkinen	mäkinen ja harjuinen	mäkinen	tasainen	tasainen	tasainen	hieman mäkinen
Viettävyys n. Gefälle c.	0.60 %	0.60 %	4.0 %	2.5 %	0.70 %	0.5 %	1.0 %	0.30 %	0.30 %
Viettosuunta Geländeneigung nach	luot.—koill.	luot.—koill.	lounaaseen	etelään	kaakkoon	—	itään	etelään	lounaaseen
Kasvullisuus Vegetation	IV heinä	IV heinä	kauran sänki	kesanto	luonnonniitty	II heinä	nurmi	III heinä	IV heinä
Karttakuva Karten Nr.	8	8	7	4	7	2	10	13	12

Näytteen N:o Nummer der Probe	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Maalaji Bodenart	Lihava savi	Lihava savi	Lihava savi	Urpasavi	Urpasavi	Urpasavi	Mura savilieju	Mura savilieju	Mura
Ottopaikka Greenwich Entnahmestelle Greenwich	60° 48.5′ 23° 30.9′	60° 48.5′ 23° 30.8′	60° 48.4′ 23° 30.8′	60° 24.5′ 25° 39.4′	60° 24.4′ 25° 39.4′	60° 24.4′ 25° 39.3′	60° 4.5′ 23° 55.7′	60° 4.6′ 23° 55.5′	61° 34′ 23° 56.5′
Pitäjä Gemeinde	Jokioinen	Jokioinen	Jokioinen	Porvoon p.	Porvoon p.	Porvoon p.	Inkoo	Inkoo	Aitolahti
Tila Gut	Ojasten pelto	Ojasten pelto	Ojasten pelto	Kiiala	Kiiala	Kiiala	Vestankvarn	Vestankvarn	Hurmajärvi
Korkeus NN:n yläpuolella Höhe über NN	89 m	89 m	88 m	5 m	5 m	5 m	13 m	13 m	113 m
Ottoaika Datum der Entnahme	16. VIII. 1925	12. VIII. 1925	12. VIII. 1925	18. IX. 1923	15. IX. 1925	15. IX. 1925	31. V. 1923	5. VI. 1923	14. VIII. 1923
Geologinen synty Geologische Abstammung	glasiaalinen	glasiaalinen	glasiaalinen	postglasiaal.	postglasiaal.	postglasiaal.	postglasiaal.	postglasiaal.	postgl. (limn.)
Maastomuoto Geländegestaltung	hieman mäkinen	hieman mäkinen	hieman mäkinen	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen
Viettävyys n. Gefälle c.	0.30 %	0.30 %	0.50 %	0.10 %	0.10 %	0.10 %	0.10 %	0.10 %	0.10 %
Viettosuunta Geländeneigung nach	lounaaseen	lounaaseen	lounaaseen	—	—	—	—	—	—
Kasvullisuus Vegetation	IV heinä	IV heinä	IV heinä	III heinä	II heinä	II heinä	kesanto	nurmi	laskettu järvi
Karttakuva Karten Nr.	12	12	12	2	2	2	4	4	9

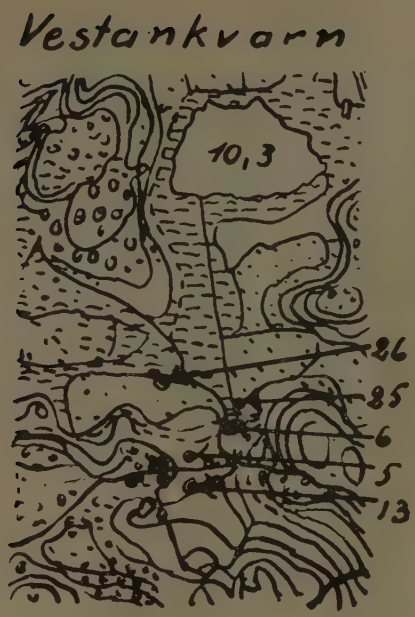
Näytteen N:o Nummer der Probe	28	29	30	31	32	33	34
Maalaji Bodenart	Muta	Muta	Muta	Muta	Rahka	Rahka	Rahka
Ottopaikka Greenwich Entnahmestelle Greenwich	60° 44.8′ 24° 41.8′	64° 41.1′ 25° 9′	64° 41.1′ 25° 9.1′	64° 41.2′ 25° 9.1′	60° 44.7′ 24° 47.0′	60° 49.8′ 23° 49.4′	60° 49.8′ 23° 49.2′
Pitäjä Gemeinde	Loppi	Revonlahti	Revonlahti	Revonlahti	Loppi	Tammela	Tammela
Tila Gut	Kormu	Greus	Greus	Greus	Kormu	Mustiala	Mustiala
Korkeus NN:n yläpuolella Höhe über NN	100 m	48 m	48 m	48 m	114 m	107 m	107
Ottoaika Datum der Entnahme	23. V. 1923	23. IX. 1927	24. IX. 1927	24. IX. 1927	28. IX. 1925	26. X. 1928	26. X. 1928
Geologinen synty Geologische Abstammung	terrestinen	terrestinen	terrestinen	terrestinen	terrestinen	terrestinen	terrestinen
Maastomuoto Geländegestaltung	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen
Viettävyys n. Gefälle c.	0.10 %	0.10 %	0.10 %	0.10 %	0.10 %	0.20 %	0.20 %
Viettosuunta Geländeneigung nach	—	—	—	—	—	—	—
Kasvullisuus Vegetation	kynnös	kynnös	kynnös	kynnös	—	III heinä	III heinä
Karttakuva Karten Nr.	3	14	14	14	3	11	11

Wessila
Porvoonjoki
Kiiala M
22
24
23
430
15

Kuva 2.

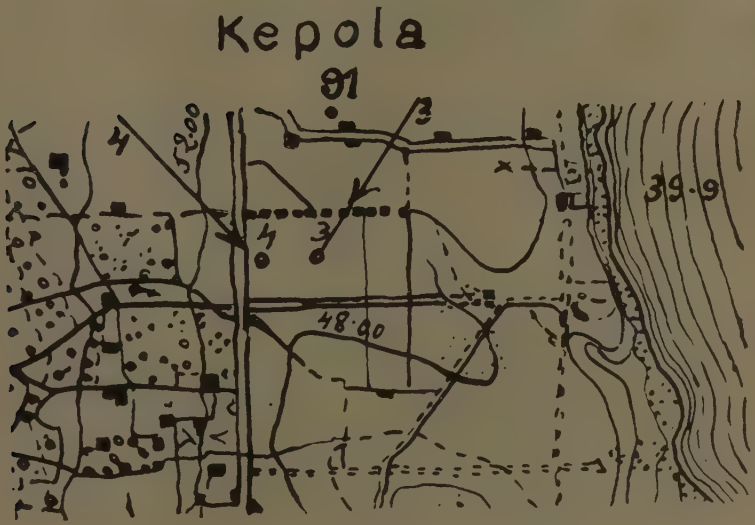
Kormu
Kormu
32
113.9
123.3
28
9
99.5
107.7

Kuva 3.

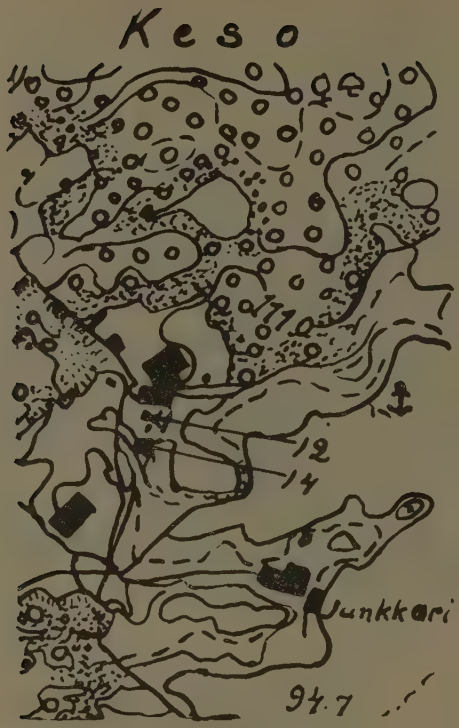


Kuva 4.

Kuva 5.



Kuva 6.


Keso
12
14
Junkkari
94.7

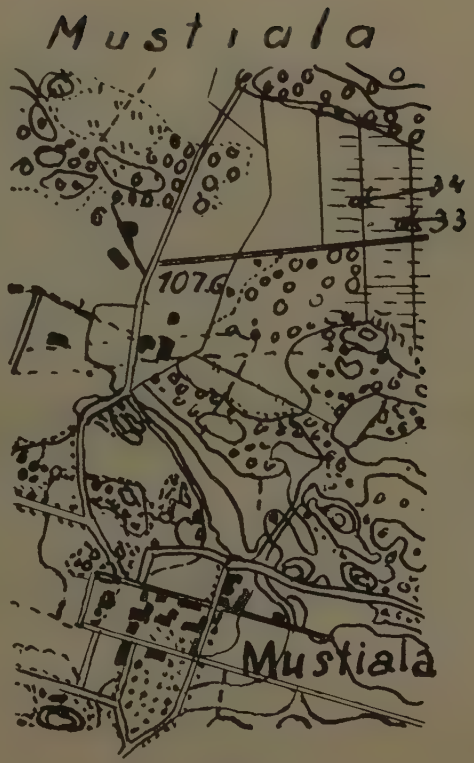
Kuva 7.

30
Nuortojärvi
Väksy
Längelmävesi
10
11

Kuva 8.

Kuva 9.

Kuva 10.



Kuva 11.

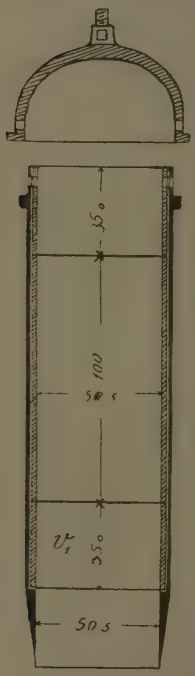
Kuva 12.

Kuva 13.

Kuva 14.

kuitenkin maaperän konsistenssi-ominaisuuksien määräyksiä varten ottanut yhtäjaksoisiakin näytteitä (4; 1917; 56, 57).

Aarnio Immolan maatilan (3; 1916), Mustialan (12; 1920), Paimion pitäjän (10; 1924) ja Etelä-Pohjanmaan (14; 1927) sekä Lounais-Suomen (15; 1928) maaperätutkimuksissa on ottanut lieteanalyysejä varten näytteet pääasiassa 20—100 cm:n syvyydestä 10—20 cm:n vahvuisesta maakerroksesta sekä hygroskooppisuusmääräystä ja joskus myös lieteanalyysiä varten ruokamullasta ja jankosta 13—70 cm:n syvyydeltä 7—56 cm:n vahvuisesta kerroksesta sekä pohjamaasta 30—120 cm:n syvyydeltä 10—65 cm:n vahvuisesta kerroksesta. Mustialassa hän on kuitenkin käyttänyt vesipitoisuus- ja hygroskooppisuusmääräyksiä varten yhtäjaksoisia maanäytteitä maaleikkauksesta.



Kuva 15.

Sauramo (16; 1923. 17; 1924 ja 18; 1926) on tutkimuksissaan, joiden tarkoituksena on pääasiassa ollut selvitellä kysymystä maalajien synnystä, ottanut näytteitä aina varsin suuriinkin syvyyksiin asti, vaikkakaan ei aina yhtäjaksoisesti.

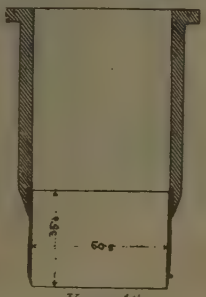
Varmaankin tottunut maaperätutkija osaa valita nämä erilliset näytteensä niin, että niihin nähden suoritettu tutkimus tuo esiin maalajia ja siinä tapahtuneita sekundäärisiä muutoksia luonnehtivat seikat. Kulttuuriteknillisiä tarkoituksia varten sitä ei kuitenkaan voida pitää riittävänä, jos tutkimuksen pyrkimyksenä on selvitellä niitä fysikaalisia perusominaisuuksia, mitkä millekin maalajille ovat ominaisia ja kulttuuriteknillisesti merkitseviä, eikä vain todeta, mikä maalaji on kysymyksessä.

Kuivatuksellisesti esim. on koko maakerrostuma vaihtelevine ominaisuuksineen vaikuttamassa pinnasta aina ojasyvyyteen saakka. Saattaapa vielä syvemmällä oleva vettä helposti läpäisevä kerros vaikuttaa pintamaan kuivatukseen joko edistävästi tai ehkäisevästi riippuen siitä, onko se pohjavesistä vapaa vai pohjaveden paineen alaisena. Samoin on asianlaita vesityshankkeissa. Myöskin työteknilliseltä kannalta on tärkeätä tuntea yhtäjaksoisesti koko käsiteltävä maakerrostuma. Tämän vuoksi olenkin tutkimuksissani ottanut maanäytteet pinnasta yhtäjaksoisesti ja tavallisesti 1.20 m:n syvyyteen.

Tavallisimmin otetaan maanäytteet kairaten. Mutta hyvin paljon käytetään myöskin sitä tapaa, että maahan luodaan lapiolla kuoppa ja kuopan seinämästä sopivaksi katsotulta kohdalta irroite-

taan tarpeellinen määrä maata tutkimista varten. Viimeksimainittua tapaa käytetään pääasiassa myös Suomessa.

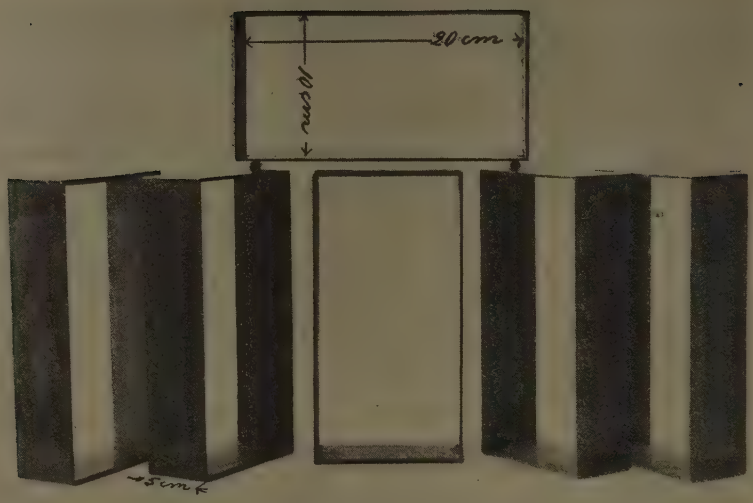
Kairaustapaa käyttäessään jää tutkija miltei täysin tietämättömäksi maan rakenteesta (struktur) ja myöskin näytteeseen otetun maakerrostuman keskimääräisestä soveltuvaisuudesta ominaisuuksien puolesta, mikäli näytteen otto ei ole yhtäjaksoinen. Kaivutapa on näissä suhteissa paljon parempi. Molemmissa ottotavoissa pulverisoituu näyte. Tällainen näyte soveltuu lieteanalyysin, hygroskooppisuuden, ominaispainon y. m. s. sekä kemiallisten analyysien suoritukseen, mutta useat struktuuriset ominaisuudet, jotka juuri kulttuuriteknillisesti ovat tärkeitä, jäävät selvittämättä. Jo 1901 Kopécky (19; 1914; 5) sanoo. »Pää- ja perusvirhe maan fysikaalisten ominaisuuksien määräyksissä johtuu siitä, että niissä käytetään maa-ainesta, joka on etukäteen pulverisoitu. Ei kiinnitetä mitään huomiota siihen, minkälainen rakenne maalla luonnossa on. Laboratorioissa käsitellään maata siis olotilassa, jossa se ei luonnossa milloinkaan ole.»


Kuva 16.

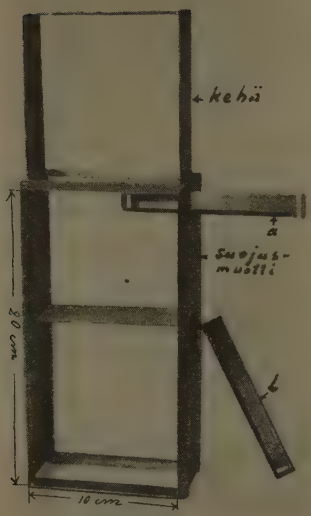
Tätä välttääkseen hän keksi sylinterimäisen teräsputkiporan sisäisine messinkirengasmuotteineen, kuten kuvasta 15 näkyy, josta yksinkertaistettua muotoa, kuvan 16 tapaista mallia nykyään käytetään miltei yksinomaan.

Erinäisissä tutkimuksissa, joissa käytin tätä kojetta, havaitsin olevan vaikeata ja useasti suorastaan mahdotonta saada poraa painumaan maahan niin, ettei näytteessä olisi tapahtunut tiivistymistä. Näin oli asian laita varsinkin urpasavimaissa ja lihavissa savimaissa pinnasta n. 60—80 cm:n syvyyteen sekä yleensä huomattavasti orgaanisia aineksia sisältävissä maissa; vain hiekka-, hieta- ja hiesusekä kertavissa hiesusavimaissa ja hyvin vetisissä saippuamaisissa savimaissa näytteen otto onnistui hyvin. Tämän saman vaikeuden oli myöskin Aarnio (3; 1916; 36) havainnut. Kopécky itsekin sanoo (19; 1914; 15—16): »50 mm:n halkasija on se aliraja, jolloin voidaan poran maahan painumisen tiivistävä vaikutus jättää huomioon ottamatta. Mitä suurempi on halkasija, sitä pienempi on sen maanrakennetta muuttava vaikutus.» »Monissa tutkimuksissa, nim. ylempien maakerroksien, minä käytän . . . teräsputkea, jossa halkasija on 80 mm» sekä jatkaa, että »epäedullisissa maaperäsuhteissa on paras valita pora, jossa on suuri halkasija.»

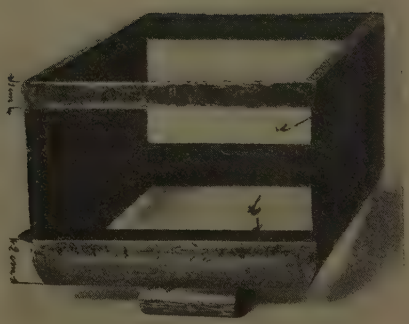
Varmaankin olisi tällaisten suurempikokoisten porien käyttö vienyt k. o. suhteessa tyydyttäviin tuloksiin. Kun kuitenkin tutkimukseni tarkoituksen vaatiman yhtäjaksoisen näytteen ottaminen



Kuva 17.



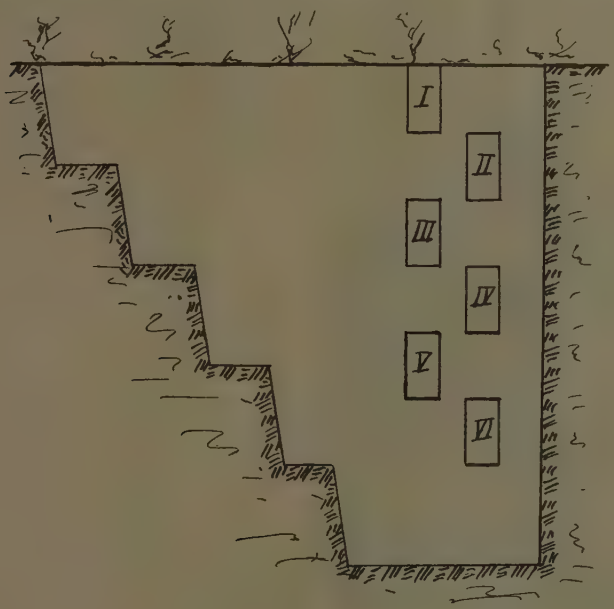
Kuva 18.



Kuva 18.

aina 1.20 m:n syvyyteen tällaisella poralla ohuine (3.5 cm) kertanäytteineen olisi vienyt käytännöllisesti katsoen liiallisiin vaikeuksiin sekä kun mielestäni läpäisykoetta varten näytteen ottosuunta ei ollut oikea, katsoin olevani pakotettu harkitsemaan jotain muuta menetelmää.

Kokeilujeni perusteella jouduin lopulta seuraavanlaiseen laitteeseen, jota olen käyttänyt näytteiden otossa vuodesta 1922 alkaen. Näytettä varten teetin 6 kpl. messinkikehyksiä, joiden korkeus oli



Kuva 19.

tarkoin 20 cm, leveys 10 cm ja syvyys 5 cm, kuva 17. Näyte sisältää siis 1 dm³:n eli 1 000 cm³:n maata, joka on omiansa yksinkertaistamaan laskelmat. Näytteen ottoa varten pannaan nämä kehykset teräksestä tehtyyn suojusmuottiin, jonka maanpuoleinen reuna on hyvin teroitettu ja sivusisämitat tarkalleen 20 ja 10 cm; teräsärmän etäisyys kehyksen reunasta on 2 cm ja suojuksen ylireuna kehyksen toisesta reunasta 1 cm, kuva 18.

Näytteen ottoa varten kaivetaan lapiolla ensin n. 50 cm leveä ja 1.50 syvä kuoppa, jonka sivu- ja takaseinämä ovat pystysuorat sekä toinen päätyseinämä portaallinen. Senjälkeen kuin hyvin silotettuun kuopan seinämään on vedetty veitsellä vaakasuorat viivat 20 cm:n

etäisyydelle toisistaan, ensimmäisen viivan ollessa pinnasta n. 22 cm, otetaan näytteet ylhäältä alaspäin siinä järjestyksessä ja toisiinsa nähden niistä paikoista, kuin kuvasta 19 näkyy.

Näytteitä ei voi ottaa pystysuorassa suunnassa aivan peräkkäin, kun otossa kojeen ulkoreunoilta murtuu maata. Se pieni eroavaisuus maan laadussa, mikä tämän johdosta kertavissa maissa saattaisi syntyä eri pystysuorissa leikkauskohdissa, on vältettävissä valitsemalla selvästi näkyvissä olevasta seinämästä koko ottoleveydellä laadulleen täysin samanlaisena pysyvä kohta.

Kuva 20.

Varsinainen näytteen otto tapahtuu siten, että suojusmuotti kehyksineen asetetaan ensimmäisen vaakasuoran viivan yläpuolelle pituussuunta pystysuorassa asennossa ja painetaan kevyesti maahan. Pitämällä muottia tarkoin paikoillaan pannaan poikittain yli muotin 1 tuuman vahvuinen laudanpätkä, jota vastaan asetetaan auton väkivivun pohja, vivun toisen pään nojatessa vastaista seinämää pitkin asetettuun lankkuun, kuten kuvasta 20 näkyy. Varovasti väkivipua vääntäen painuu koje maahan. Helpottaakseen painumista ja voidakseen tarkastaa, ettei teräkohdalla ole kiviä, on hyvä pöytäveitsellä veistää ulkosivulta maata ohuelti pois; tätä ei saa kuitenkaan tehdä syvemmälle kuin kojeen terät ovat, jottei maa rikkoutuisi. Kun koje on painunut niin syvälle, että väkivivun aluslaudan pohja koskettaa maanpintaa, on se tarpeeksi syvällä.

Jos näytteen pinta muotin sisällä on pysynyt samalla tasolla ulkopuolella olevan maan pinnan kanssa, ei näytteessä ole tapahtunut mitään tiivistymistä; tämä on mittaamalla myös tarkistettavissa millä hetkellä tahansa jo näytettä otettaessa. Kun näytteellä on niin matala syvyys ja suhteellisesti suuri pinta-ala, niinkuin k. o. kojetta käytettäessä on asianlaita, ei tiivistymisvaara ole enää suuri; tätä tapahtuikin näytteitä otettaessa vain kolme kertaa kivennäis-

maissa, nim. 2 kertaa lihavassa savimaassa ja kerran urpasavimaassa halkeamien vuoksi. Suomaissa sen sijaan ei näyte tälläkään kojeella onnistu sellaisenaan; näissä maissa käytin pelkkää messinkikehystä ja näytettä otettaessa ratkoin terävällä pöytäveitsellä kehyksen sisäsivuja pitkin rakoa sitä myöten, kuin näyte painui syvemmälle. Tällä tavoin otto onnistuu moitteettomasti.

Kun muotti täten on painettu täyteen syvyyteen, irroitetaan se lapiolla takaa. Kehyksen, jossa varsinainen näytemaa on, poisto suojusmuotin sisältä tapahtuu siten, että leikkuuterät pannaan ensin molemmin puolin paikoilleen, kuva 18 a ja b. Senjälkeen painetaan kehys maahan pystytettyä laudan päätä vasten varovasti painaen ulos, kuva 21. Ennen tätä on hyvä pöytäveitsellä viiltää molemmin puolin näytettä oleva liika maa mahdollisimman ohueksi; tällöin leikkuuveitset toimivat hyvin. Veitsien tulee olla terän suulta ohuita ja sileitä pinnaltaan. Ilman suojusmuottia otetuista suonäytteistä poistetaan liika maa terävällä pöytäveitsellä.

Kuva 21.

Näytteet messinkikehyksineen panin sitä mukaa, kuin niitä valmistui, faneeriaskiin ja peitin pergamenttipaperilla, samalla tarkoin varoen, ettei eri näytteiden maapinnat päässeet toisiinsa koskettamaan. Niin pian kuin kaikki kuusi näytettä oli otettu, vein ne lähimpään tuulelta suojattuun paikkaan ja suoritin kunkin näytteen punnituksen kehyksineen 3 kg:n vaa'alla; sen jälkeen näytteet olivat valmiita jatkotutkimuksia varten.

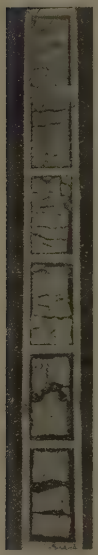
Otetun näytteen ensimmäisenä tutkimuksena seurasi läpäisykoe. Myöhemmin tultuani näiden kokeiden tarkoituksenmukaisuudesta kielteiseen tulokseen jätin ne pois ja upotin otetut näytteet kehyksineen veteen n. 12 tunniksi. Tämän perästä punnittiin näytteet kehyksineen uudelleen ja näytemaa painettiin kehyksestä pois vartavasten tehtyyn lokerolaatikkoon, kuva 22, jossa ne sitten kuljetettiin laboratorioon. Täällä ne saivat ilmakuivua, kunnes paino oli konstantti.

Tämän jälkeen mittasin näytteissä tapahtuneen kutistumisen. Maa lieteanalyysiä varten otettiin näytteen sivusta sen koko pituu-

delta, samaten myös ilmakuivan kosteuden, ominaispaino- ja pH- sekä hehkutuskevennysmääräystä ja kemiallista tutkimusta varten.

Näytteiden oton yhteydessä kentällä tein havaintoja maiden kaivuvaikeudesta ja irrotetun maan rakennemuutoksista sivulle heitettynä. Samalla mittasin myöskin maan lämmön.

Sitä paitsi suoritin läpäisykokeita ruotsalaista tapaa — katso myöhemmin sivuja 110 ja 111 — käyttäen näytekuopan vieressä sekä otin eri maalajeista yhdet 40, 80 ja 120 cm pitkät näytteet kapillaarikoetta varten, joiden otosta seuraa myöhemmin tarkempi selostus.



Kuva 22.

4. *Havainnot näytteitä otettaessa.*

Jo näytettä otettaessa voi havaita useita suuria eroavaisuuksia eri maalajien välillä. Tällaisia eroavaisuuksia on m. m. struktuurissa, kaivuvaikeudessa, struktuurimuutoksissa sivulle heitetyssä maassa, värissä ja hajussakin. Sitä paitsi on näytteen otossa huomio omiansa kiintymään m. m. maaneläimistön ja kasvien juuriston synnyttämiin reikiin ja uudelleen täyttyneisiin maahalkeamiin.

Havainnon teko tällaisista seikoista on maalajien makroskooppisen määräämisen kannalta tärkeätä.

Struktuuri saattaa olla m. m. löyhä, kiinteä, tiivis, muruinen, kertava, palsiutunut, kiinteän tai pehmeän saippuamainen tai juokseva. Näitä struktuurin näköä ja lujuutta karakterisoivia havaintoja on lujuuteen nähden täydentämässä kaivuvaikeuden arvioiminen, jossa suhteessa käyttämäni luokittelu on selostettuna myöhemmin sivuilla 176—177.

Eri maalajeissa tapahtuvat struktuurimuutokset kaivetussa ja sivulle heitetyssä maassa ovat useasti varsin hyvin maalajia karakterisoivia; toisissa maalajeissa hajoaa maa yksinäishiukkasiseksi jauhoksi, toisissa säännöttömiksi tai määrätyllä tavoin säännöllisiksi muruiksi tai paloiksi, kun taasen toisissa maalajeissa maa pysyy suuremmassa tai pienemmässä määrin täysinä pistopaloina. Nämä struktuurimuutokset ovat usein riippuvaisia maan kosteustilasta, minkä vuoksi seuraavaan makroskooppisia havaintoja selostavaan taulukkoon II on otettu myös näytteiden ottokosteuden tilavuusprosentti; kosteussuhteiden tarkempi selostus on nähtävänä sivuilla 72—80 ja kapillaaritutkimusten yhteydessä sivuilla 131—165.

Makroskooppisten havaintojen selostusta en ole pitänyt tarpeellisena turvemaihin nähden.

Taulukko II. **Tabelle II.**

Näytteen N:o Probe	Struktuuri luonnossa Struktur in natura	Struktuurimuutos kaivettuna Strukturveränderung im ausgegrabenen Zustand	Kaivuvaikeus Schwierigkeiten beim Ausgraben	Kosteus Feuchtigkeit vol. %	Väri Farbe
1	2	3	4	5	6
1_{I}	Kiinteähkö	Hajosi irtomullaksi	Varsin helppoa pistomaata	31.19	Mustanruskea
1_{II}	Kiinteähkö	Hajosi jauhoksi	»	20.50	Kellertävänruskea
1_{III}	»	»	»	16.34	»
1_{IV}	»	»	»	14.12	»
1_{V}	Kiinteä	Hajosi jauhoksi ja muruiksi	Helppoa pistomaata	17.43	Ruskeanharmaa
1_{VI}	Tiivis	Hajosi jauhoksi ja paloiksi	Helpohkoa pistomaata	12.31	»
2_{I}	Kiinteä	Hajosi irtomullaksi	Helppoa pistomaata	38.48	Mustanharmaa
2_{II}	Varsin kiinteä	Hajosi jauhoksi ja muruiksi	Helpohkoa pistomaata	32.26	Vaaleanruskea
2_{III}	Kiinteä	»	Helppoa pistomaata	30.00	Punaruskea
2_{IV}	»	»	»	22.13	Kellervänruskea
2_{V}	»	Hajosi jauhoksi	Varsin helppoa pistomaata	27.25	»
2_{VI}	»	»	»	23.81	»
3_{I}	Löyhä	Hajosi irtomullaksi	Varsin helppoa pistomaata	26.80	Mustanharmaa
3_{II}	Kiinteähkö	Hajosi jauhoksi	»	19.08	Vaaleankellervä
3_{III}	Kiinteä	Hajosi jauhoksi ja muruiksi	Helppoa pistomaata	37.52	Punaruskea
3_{IV}	Kiinteähkö	Muuttui puuromaiseksi	»	35.37	Ruskea
3_{V}	Tiivis ja kertava	Hajosi paloiksi kerrospintoja pitkin	Vaikeata pistomaata	42.37	Kellervänharmaa, juovikas
3_{VI}	»	»	»	44.50	»

1	2	3	4	5	6
4_{I}	Löyhä	Hajosi irtomullaksi	Varsin helppoa pistomaata	37.87	Mustanharmaa
4_{II}	Kiinteähkö	Hajosi jauhoksi	»	32.28	Vaaleankellervä
4_{III}	Kiinteä	Hajosi jauhoksi ja muruiksi	Helppoa pistomaata	30.17	Ruskea
4_{IV}	»	Hajosi jauhoksi	»	33.26	»
4_{V}	Tiivis ja kertava	Hajosi paloiksi kerrosp. pitkin	Vaikeata pistomaata	45.16	Kellervänharmaa, juovikas
4_{VI}	Kiinteä	Hajosi jauhoksi ja muruiksi	Helpohkoa pistomaata	39.87	Kellervänruskea
5_{I}	Kiinteä	Hajosi irtomullaksi	Helpohkoa pistomaata	27.82	Mustanharmaa
5_{II}	»	Hajosi jauhoksi ja muruiksi	Helppoa pistomaata	18.48	Vaaleanruskea
5_{III}	Kiinteähkö, alireuna juoksi	Hajosi jauhoksi, oli osittain puuromainen	»	34.04	Punaruskea
5_{IV}	Kiinteän saippuamainen	Hajosi terävä-särmäisiksi muruiksi	Vaikeahkoa pistomaata	43.73	Ruskeanharmaa
5_{V}	»	»	»	43.58	Tummanharmaa
5_{VI}	Tiivis ja kertava	Hajosi paloiksi, osittain kerrospintoja pitkin	Vaikeata pistomaata	43.02	Vaaleanharmaa
6_{I}	Kiinteä	Hajosi jauhoksi ja osittain muruiksi	Helpohkoa pistomaata	37.76	Harmaa
6_{II}	Kiinteä ja kertava	Hajosi jauhoksi ja kerrospintoja pitkin muruiksi	»	42.88	Harmaanruskea, juovikas
6_{III}	»	»	»	38.92	Ruskeankellervä, juovikas
6_{IV}	Kiinteä, osittain tiivis	Hajosi jauhoksi ja paloiksi; juuripiippuja	Helppoa pistomaata	30.75	Kellervän punaruskea
6_{V}	Kiinteä, osittain löyhä	»	»	14.46	Kellervänruskea

1	2	3	4	5	6
7_{I}, 8_{I}	Kiinteähkö	Hajosi irtomullaksi	Helppoja pistomaita	42.86, 45.76	Mustanharmaa
7_{II}, 8_{II} ...	»	Hajosi helposti hajoaviksi paloiksi ja jauhoksi	»	38.66, 42.35	Vaaleanruskean harmaankellervä
7_{III}, 8_{III} ..	»	Hajosi 0.5—1.5 cm epäsäänn. teräväsärm. ruostepintaisiksi paloiksi	»	41.55, 41.27	»
7_{IV}, 8_{IV} ...	»	»	»	46.41, 48.11	»
7_{V}, 8_{V}	»	Hajosi suuremmiksi ruostepintaisiksi paloiksi	»	52.11, 49.68	»
7_{VI}, 8_{VI} ...	»	»	»	52.69, 53.15	»
9_{I}	Kiinteähkö	Hajosi multapaloiksi	Helpohkoa pistomaata	37.62	Harmaata
9_{II}	Kiinteä	Hajosi epäsäännöllisiksi paloiksi	»	39.69	»
9_{III}	»	»	»	43.17	»
9_{IV}	»	»	»	45.70	Harmaata ja alapäässä mustajuovaista
9_{V}	Iskostiiveys	Lohkeili epäsäännöllisiksi paloiksi	Helppoa iskumaata	43.60	Harmaata
9_{VI}	»	Lohkeili epäsäännöllisiksi paloiksi	»	37.08	»
10_{I}, 11_{I}	Kiinteä	Hajosi multapaloiksi	Helpohkoja pistomaita	37.89, 39.20	Tummanharmaa
10_{II}, 11_{II} ...	Tiivis	Lohkeili epäsäännöllisiksi suuriksi paloiksi	Vaikeahkoja pistomaita	35.58, 36.30	Vaaleankellervän ruskeanharmaata
10_{III}, 11_{III} ..	»	»	»	38.11, 37.79	»
10_{IV}, 11_{IV} ..	Tiivis ja kertava	Lohkeili paloiksi etupäässä kerrospintoja pitkin	Vaikeita pistomaita	37.73, 39.29	Vaaleankellertävän tummanharmaa, juovikas
10_{V}, 11_{V} ...	»	»	»	39.75, 39.58	»
10_{VI}, 11_{VI} ..	»	»	»	37.96, 40.32	»

1	2	3	4	5	6
12_{I}	Kiinteä	Hajosi multapaloiksi	Helpohkoa pistomaata	38.07	Tumman ruskeanharmaa
12_{II}	Tiivis	Lohkeili epäsäännöllisiksi suuriksi paloiksi	Vaikeata pistomaata	30.47	Vaalean ruskeanharmaa
12_{III}	»	»	»	32.24	»
12_{IV}	Tiivis ja kertava	Lohkeili paloiksi etupäässä kerrospintoja pitkin	»	35.92	Vaaleankellervän ja tummanharmaan juovikas
12_{V}	»	»	»	41.43	»
12_{VI}	»	»	»	39.72	»
13_{I}	Kiinteähkö	Hajosi multapaloiksi	Helpohkoa pistomaata	30.02	Tumman ruskeanharmaa
13_{II}	Kiinteä	Lohkeili epäsäännöllisiksi suuriksi paloiksi	»	34.89	Vaalean ruskeanharmaa
13_{III}	»	»	»	37.88	»
13_{IV}	Tiivis ja kertava	Lohkeili paloiksi etupäässä kerrospintoja pitkin	Vaikeata pistomaata	39.99	Vaaleankellervän ja tummanharmaan juovikas
13_{V}	»	»	»	47.05	»
13_{VI}	»	»	»	46.10	»
14_{I}	Kiinteän saippuamainen	Pysyi jotenkin ehjinä pistopaloina	Helpohkoa pistomaata	51.28	Harmaa ruskein täplin
14_{II}	»	»	»	47.00	»
14_{III}	»	»	»	50.15	»
14_{IV}	»	»	»	45.70	Siniharmaa ruskein täplin
14_{V}	»	»	»	47.59	Siniharmaa
14_{VI}	»	»	»	46.64	»

1	2	3	4	5	6
15_{I}	Kiinteän saippuamainen	Pysyi pistoloina	Helpohkoa pistomaata	39.74	Tumman ruskeanharmaa
15_{II}	»	»	Vaikeahkoa pistomaata	41.08	Vaaleanharmaa ruskein täplin
15_{III}	»	»	»	37.94	»
15_{IV}	»	»	»	45.01	»
15_{V}	Kiinteähkön saippuamainen	Hajosi suuriksi paloiksi	Helpohkoa pistomaata	50.66	Siniharmaa
15_{VI}	»	»	»	59.92	»
16_{I}	Kiinteähkö	Hajosi multamuruiksi	Helpohkoa pistomaata; tarttui hieman lapioon	45.72	Tumman ruskeanharmaa
16_{II}	Kiinteä	Hajosi suuriksi muruiksi	»	47.15	Ruskeanharmaa
16_{III}	»	Hajosi 1—5 cm suuriksi teräväsärmäisiksi muruiksi	»	49.66	Tumman siniharmaa ruskein täplin
16_{IV}	Kiinteän saippuamainen	»	»	53.27	»
16_{V}	»	»	»	53.89	»
16_{VI}	»	Hajosi isolohkoisiksi muruiksi	»	56.69	»
17_{I}	Kiinteähkö	Hajosi multamuruiksi	Helpohkoa pistomaata	47.72	Mustanharmaa
17_{II}	Varsin kiinteä	Hajosi 1—5 cm paloiksi	Vaikeahkoa pistomaata	42.18	»
17_{III}	»	»	»	46.80	»
17_{IV}	»	Hajosi 1—3 cm teräväsärmäisiksi muruiksi	Helpohkoa pistomaata	47.29	»
17_{V}	»	»	»	48.27	»
17_{VI}	»	»	»	49.13	»

1	2	3	4	5	6
18_{I}, 19_{I}	Kiinteähkö	Hajosi multamuruiksi	Helppoa pistomaata	36.80, 38.89	Mustanharmaa
18_{II}, 19_{II} ..	Kiinteä	Hajosi 1—5 cm paloiksi	Vaikeahkoa pistomaata	44.25, 44.97	Tumman harmaa ruskein täplin
18_{III}, 19_{III}..	»	»	»	46.66, 49.19	»
18_{IV}, 19_{IV} ..	Kiinteän saippuamainen	»	»	53.69, 51.90	»
18_{V}, 19_{V} ...	»	Hajosi 1—3 cm terävä-särmäisiksi muruiksi	Helpohkoa pistomaata	54.13, 54.37	»
18_{VI}, 19_{VI} ..	Pehmeän saippuamainen	»	»	52.50, 54.20	Siniharmaa
20_{I}, 21_{I}	Kiinteähkö	Hajosi multamuruiksi	Helppoa pistomaata	45.09, 39.60	Mustanharmaa
20_{II}, 21_{II} ...	Kiinteä	Hajosi 1—5 cm paloiksi	Vaikeahkoa pistomaata	50.63, 46.23	Tumman harmaa ruskein täplin
20_{III}, 21_{III} ..	»	»	»	53.37, 45.47	»
20_{IV}, 21_{IV} .	Kiinteän saippuamainen	»	»	53.29, 51.47	»
20_{V}, 21_{V} ...	»	Hajosi 1—3 cm terävä-särmäisiksi muruiksi	Helpohkoa pistomaata	55.52, 52.43	»
20_{VI}, 21_{VI} ..	Pehmeän saippuamainen	»	»	60.00, 50.02	Siniharmaa
22_{I}	Löyhämuruinen	Hajosi hienoksi muruksi	Varsin helppoa pistomaata	40.43	Mustanharmaa
22_{II}	Kiinteän muruinen	Hajosi ruostepintaisiksi pikkumuruiksi	Helppoa pistomaata; tarttui lapioon	45.69	Hieman vihertävän ruskean harmaa
22_{III}	»	»	»	51.19	»
22_{IV}	Muruinen, saippuamainen	Hajosi syvemmällä yhä suuremmiksi ruostepintaisiksi paloiksi	»	66.13	»
22_{V}	Pehmeän saippuamainen	»	Varsin helppoa pistomaata	57.71	»
22_{VI}	»	»	»		»

1	2	3	4	5	6
23_{I}, 24_{I}	Löyhämuruinen	Hajosi hienoksi muruksi	Varsin helppoja pistomaita	44.02, 42.00	Mustanharmaa
23_{II}, 24_{II} ...	Kiinteämuruinen	Hajosi ruostepintaisiksi pikkumuruiksi	Helppoja pistomaita, tarttui lapioon	42.27, 47.14	Hieman vihertävän ruskeanharmaa
23_{III}, 24_{III}..	»	»	»	47.96, 52.05	»
23_{IV}, 24_{IV} ..	Muruinen, saippuamainen	Hajosi syvemmällä yhä suuremmiksi ruostepintaisiksi paloiksi	»	56.55, 60.17	»
23_{V}, 24_{V} ...	Pehmeän saippuamainen	»	Varsin helppoja pistomaita	69.60, 72.45	»
23_{VI}, 24_{VI} ..	»	»	»	77.42, 77.25	»
25_{I}	Löyhän muruinen	Pysyi pistopaloina	Varsin helppoa pistomaata	49.48	Tummanruskea
25_{II}	»	»	»	57.30	»
25_{III}	Kiinteähkön saippuamainen	Lohkeili paloille	»	68.80	Vihervänruskea
25_{IV}	»	»	»	67.10	»
25_{V}	Pehmeän saippuamainen	Painui kasaan	»	73.65	Harmaansininen
25_{VI}	»	»	»	72.72	Harmaan sinipunerva
26_{I}	Kiinteähkön saippuamainen	Pysyi pistopaloina	Varsin helppoa pistomaata	69.40	Tummanruskea
26_{II}	»	»	»	79.02	»
26_{III}	Pehmeän saippuamainen	»	»	73.18	»
26_{IV}	»	»	»	71.16	Siniharmaa
26_{V}	»	Pyrki painumaan kasaan	»	73.37	»
26_{VI}	»	»	»	73.11	»

1	2	3	4	5	6
27_{I}	Hyytelömäinen	Painui kasaan	Miltei luontimaata	89.70	Mustanruskea
27_{II}	»	»	»	88.63	»
27_{III}	»	»	»	89.21	»
27_{IV}.	Elastisen kiinteä	Kankean juoksevaa	Tuntui ensin kovalta kuin kallio muuttuen elastiseksi ja tarttui lap.	49.50	Siniharmaa
27_{V}	»	»	»		»
27_{VI}	»	»	»		»

Täydennyksenä makroskooppisiin havaintoihin mainittakoon vielä seuraavaa:

Hietamaassa, näyte 1, esiintyi pystysuorassa leikkauspinnassa savisehtavan näköisiä ohuempia ja vähän vahvempia (5 cm) linssimäisiä palsikerrostumia sekä osanäytteen 1_{V} alaosa oli hieman tiiviimpää, vaikkakaan ei vielä iskosluontoista.

Hietamaassa, näyte 2, esiintyi syvemmällä ohuita, pieniä, jossain määrin iskosluontoisia rautarikastumapalsiutumia.

Näytettä 6 vastaavassa maassa olivat osanäytteet 6_{II} ja 6_{III} lapioon tarttuvia ja 6_{IV} märkä, 6_{IV}:ssa ja 6_{V}:n yläosassa esiintyi savi- ja rautaiskostumapalsia.

Näyte 9 teki ulkonäöltään kokonaisuudessaan varsin savisehtavan vaikutuksen. 9_{IV}:n ja 9_{V}:n rajalla mustahumusrikastumakerros oli ilmeisen märkää.

Kertavissa hiesusavimaissa, näytemaat 10—13, oli selvästi havaittavissa kapeita halkeamajuovia, jotka olivat uudelleen täyttyneet ja olivat väriltään sinivihreän harmaita. Myöskin juurien ja matojen reikiä oli siellä täällä; näytteessä 13 esiintyi yläosassa 2 mm halkeamia.

Hiesusavimaa, näyte 14, oli tulvanalaista maata.

Lihavassa hiesusavimaassa, näyte 15, jossa oli toimintakykyinen salaoja 0.87 m syvyydellä, ei ollut avohalkeamia ja näytteet 15_{V} ja 15_{VI} luistivat lapiosta liukkaasti pois.

Lihavat savimaat, näytteet 16—21, olivat hieman lapioon tarttuvia.

Lihavassa savimaassa, näyte 17, esiintyi oton aikana 1—3 mm leveitä halkeamia näytteissä 17_{I-III}.

Urpasavimaissa, näytteet 22—24, maa oli hyvin pöperöistä ja näytteiden otto vaikeata. Pintanäytteissä maa hieman pyrki tarttumaan lapioon.

Liejumaassa, näyte 25, joka otettiin viemäriluiskasta, näytteissä 25_{III} ja 25_{IV} esiintyi yhtä leveysmetriä kohti n. kaksi 4 cm leveätä halkeamaa. Näytteiden 25_{IV} ja 25_{V} rajamaalla esiintyi hietahiekkakerros, jossa oli selviä kiviäkin. Ylemmissä, kuivahtuneissa kerroksissa maa tarttui hieman lapioon.

Muramaanäytteessä 27 oli jo tapahtunut pintanäytteen osuudella hieman kutistumista. Pohjamaanäyte 27_{IV} oli hiesusavea, joka tuntui sen päälle astuttaessa miltei kalliokovalta. Kun siihen alkoi polkea lapiota, painui jalkakin samalla ja maa muuttui kimmoiseksi, eikä siitä tahtonut saada lapiota eikä saappaita pois.

5. *Mekaaninen maa-analyysi.*

Mekaanisen maa-analyysin avulla määrätään eri hiukkassuuruuksien prosenttiosuus maanäytteissä.

Käytännössä on vielä varsin lukuisia menetelmiä tämän analyysin suorituksessa, vaikka maaperätutkijoitten keskuudessa onkin viimeaikoina pyritty yhdenmukaistuttamaan niitä suorittamalla lukuisia vertailevia tutkimuksia eri menetelmien kelpoisuudesta. Kun näitä menetelmiä on aikaisemmin käsitelty useissa eri julkaisuissa, on niiden synty ja jatkuva kehitys jätetty tässä selostamatta. Pidän kuitenkin tarpeellisena lyhyesti kosketella toisistaan eräämmällä olevien päämetodien prinsiippieroavaisuuksia.

Nykyään käytetään seulontaa maa-analyysien suorituksessa pääasiassa vain 2 mm karkeampien hiukkasten erottamiseksi hienosta maasta ja edelleen jälelle jääneiden erisuuruisten karkeampien hiukkasten lajittelussa. Seulaa saatetaan käyttää myöskin hietaanalyysin antaman hiekkafraktion edelleenlajittelussa liettämisen jälkeen (9; 1927; 78). Seulontaa varten tulee näytteen olla yksinäishiukkasiseksi muserrettua.

Kun tutkimissani maanäytteissä 2 mm karkeampia rakeita ei ollut ensinkään tai joissakin vain muutamia ja kun en liioin ole katsonut tarpeelliseksi suorittaa hiekkafraktioon nähden edelleenjaottelua, en ole joutunut seulontaa käyttämään ensinkään mekaanisissa maa-analyyseissäni.

Liettämismenetelmä perustuu fysikaaliseen ilmiöön erisuuruisten hiukkasten erilaisesta vaipumisnopeudesta nesteessä, tässä tapauksessa vedessä.

Stokes on tätä liikettä varten laatinut kaavan (21; 1915; 259):

$$v = {}^2/_9 \; gr^2 \frac{\delta - \delta_1}{\eta}.$$

jossa v = hiukkasen nopeus,
g = painovoiman kiihtyväisyys,
r = hiukkasen säde,
δ = hiukkasen ominaispaino,
δ_1 = nesteen ominaispaino,
η = nesteen sisäinen kitka.

Odén (21; 1915; 263) on laskenut tämän yhtälön mukaan r:n suuruuden määränopeuksille ottamalla

η:n lämmössä 15° C = 0.0114
$(\delta - \delta_1) = 2.7 - 1 = 1.7$ ja
$g = 981$ sekä

saanut tällöin Atterbergin (22; 1912; 319) mikroskooppisesti kontrolloimien hiukkassuuruuksien kanssa varsin samanlaisia lukuja.

Tämän mukaan vaativat eri hiukkassuuruudet painuakseen 10 cm vahvan vesikerroksen läpi aikaa:

Hiukkassuuruus:		Aika:
0.002 mm	.....	8 tuntia
0.02 »	.....	7 ½ min.
0.2 »	.....	5 sek.

Käytäntöön on tätä lakia sovellettu maahiukkasten erittelyssä kovin monella tavalla. Nämä menetelmät voidaan pääasiassa kuitenkin jakaa kolmeen eri pääryhmään.

Yhden metodin mukaan näistä tapahtuu erisuuruisten hiukkasten erittely liettämällä. Tätä varten suunnitelluista lukuisista kojeista on hyvin suuren käytön saavuttanut Atterbergin aparaatti (22; 1912; 319), jonka Berlinissä 1913 kansainvälinen komitea hyväksyi normaaliaparaatiksi (23; 1914; 30).

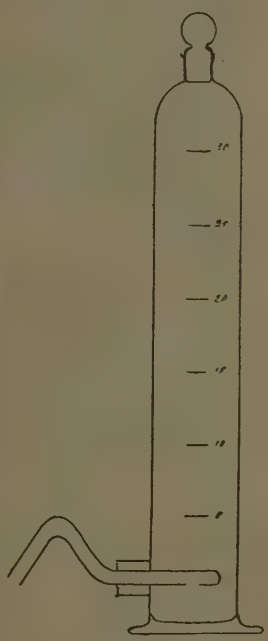
Vaikkakin mekaanisten maa-analyysien suorituksessa olen käyttänyt liettämismetodia, en kuitenkaan ole niitä suorittanut tällä kojeella, vaan eräällä Rindellin modifikaatiolla (24; 1920; 71), kuva 23. Tämän kojeen avulla vältytään muutamista haitoista, joita m. m. Richter (25; 1916; 320—322) mainitsee Atterbergin aparaatilla olevan.

Toisen metodin mukaan tapahtuu hiukkasten erittely huuhtelun avulla, t. s. erisuurella nopeudella ylöspäin kulkeva vesi huuhtelee mukaansa hiukkaset, joiden vaipumisnopeus on pienempi kuin k. o. veden nopeus. Tätä varten suunnitelluista kojeista on suurimman

käytön saavuttanut Kopécky'n aparaatti (57; 1925; 32); sen avulla saadaan eriteltyä raesuuruudet 2—0.1, 0.1—0.05 ja 0.05—0.01 sekä < 0.01 mm (nykyään myös: 2—0.2, 0.2—0.06, ja 0.06—0.02 sekä < 0.02 mm).

Kun Kopécky'n aparaatilla ei voida liettyviä hiukkasia (hiukkaset < 0.01 mm) edelleen enää eritellä eikä sillä muuten ole mitään huomattavia etuja edellämainitsemaani kojeeseen verrattuna. en ole katsonut olevan syytä käyttää sitä ja poiketa siten yleensä Pohjoismaissa käytetystä menetelmästä.

Sittemmin on kylläkin Krauss (26; 1923; 106—113) pipettimenetelmän avulla tehnyt mahdolliseksi liettyvien aineksienkin jaottelun. Kun tämä menetelmä ei kuitenkaan edellytä etukäsittelyyn vain Kopéckyn kojetta, en ole katsonut sen vaikuttavan asian ratkaisuun.



Kuva 23.

Kolmannen metodin mukaan ei mekaanisen maa-analyysin suorituksessa tapahdu eri hiukkassuuruuksien erittelyä, vaan punnitsemalla yhtäjaksoisesti lieteaparaatin pohjalle laskeutuneitten hiukkasten paino, lasketaan eri hiukkassuuruuksien prosenttiosuus (21; 1915; 267—311 ja 27; 1921; 52—77) tai päinvastoin määräämällä maanäytteen vedessä aiheuttaman spesifikipainon lisäyksen vähittäinen vähentyminen saadaan yhtäjaksoisesti tietää pohjalle painuneitten erisuuruisten hiukkasten suhteellisuus (Wiegner, Zunker jne.).

Täten suoritettujen analyysien avulla voitetaan se suuri etu, että maahiukkasten erittely voidaan suorittaa paljon pienemmin intervallein kuin muissa analyyseissä ilman sanottavaa lisävaivaa ja siten maan kokoomuksesta saadaan selvempi käsitys. En katsonut kuitenkaan oikeaksi käyttää lieteanalyyseissäni näitä menetelmiä, koska ne eivät vielä olleet saavuttaneet yleisempää käytäntöä, eivätkä tutkimuskojeet lopullista muotoaan sekä kun yhä edelleen oli syytä epäillä, voidaanko niiden avulla voittaa toivottuja etuja. Sitä paitsi katsoin tavallisen liettämismenetelmän antavan tutkimukseni tarkoituksen kannalta riittävän tarkan tuloksen.

Myöskin maanäytteiden valmistavassa käsittelyssä on käytännössä varsin monia eri menetelmiä.

Niinpä saattaa näytteen lähtökosteustila vastata kuivauskaapissa 100—110° C lämmössä esiintyvää kosteutta tai ilmakuivaa kosteutta taikka maassa näytettä otettaessa vallitsevaa kosteutta.

Eniten käytetty tapa on ensinmainittu, vaikkakin toistakin tapaa puolletaan usein; sen sijaan on varsin harvinaista, että käytetään näytettä, jossa lähtökosteus vastaa näytteen luontaista kosteutta. Tämä olisi kuitenkin ehdottomasti oikeampi ja parempi menettely. On nim. otettava huomioon, että maassa olevat kolloidit kuivuessaan kutistuvat. Kutistuneina saattavat kolloidit »kadottaa kolloidisen herkkyytensä», elleivät osittain menetä kokonaan kolloidi-ominaisuuksiaan ja agregoituneina esiinny suspensiossa hiesumaisina ominaisuuksiltaan. Tästä ovat jo aikaisemmin useat tutkijat huomauttaneet.

Lieteanalyyseissäni olen kuitenkin käyttänyt lähtökosteutena ilmakuivaa kosteustilaa. Tämä on johtunut siitä, että yleisin tapa vielä on käyttää kuivaa maata mekaanisiin maa-analyyseihin sekä sen vuoksi, että se on ollut tässä tapauksessa käytännöllisintä, koska siten olen voinut ottaa liete-analyysiin näytteet edellä mainituista suurista perusnäytteistä. Kuivumiskutistumisen ja ilmakuivan kosteuden määräämistä varten ei perusnäytteiden rikkominen taasen voinut käydä laatuun, ennen kuin oli saavutettu stabiili ilmakuivakosteustila.

Näytteen otto analyysia varten tapahtui vuolemalla veitsellä tasavahvuudelta ja koko pitkän sivun pituudelta maata päänäytteestä. Vain hietanäytteissä: 3_{II} ja 4_{II}, jotka hajosivat sekä savinäytteissä: 22_{II}—22_{IV}, 23_{II}—23_{IV} ja 24_{II}—24_{IV}, jotka kuivuessa olivat osittain lohkeilleet muruiseksi, ei voitu vuolemista käyttää, mutta otettiin maa kuitenkin mahdollisimman tasasuhteisesti näytteen koko pituudelta muulla tavoin.

Täten otettuna analyysimaa oli yleensä ilman muuta riittävän hienoa. Milloin suurempia murusia oli näytteessä, murskattiin ne varovasti painaen rikki.

Sen jälkeen kun analyysimaa oli punnittu ilmakuivana, jätettiin se seisomaan tislatussa vedessä vähintään vuorokaudeksi. Kun näytettä sitten oli vesihauteella 2:n tunnin ajan lämmitetty, hierottiin maanäytettä maljassa kumitupella suojatulla sormella. Hieronnan jälkeen annettiin maljan seisoa hiljaa 1 min:n ajan, jonka jälkeen vesi lietteineen kaadettiin edellä selostettuun lieteaparaattiin. Hieronta uusittiin siksi, kunnes vesi seisotuksen jälkeen oli aivan kirkasta. Tämän perästä kaadettiin koko näyte aparaattiin ja valmistava käsittely oli täten loppuun saatettu.

Kuten edellä olevasta selostuksesta näkyy, en siis esikäsittelyssä ole poistanut näytteestä orgaanisia aineksia enkä liioin kemiallisin keinoin hajoittanut mahdollisesti näytteessä olevia, suurempina tai pienempinä murusina esiintyviä savi-, limoniitti-, humus- yms. aggregaatteja.

Olen siis kunkin sarjanäytteen näytteessä I, jotka näytteet vastaavat ruokamultaa ja sellaisena tavallisesti ovat varsin humuspitoisia, jättänyt orgaaniset ainekset poistamatta ennen liettämistä. Näin olen menetellyt säilyttääkseni täysin samanlaisen analyysimenetelmän kaikkiin sarjan näytteisiin nähden ja myös koska fysikaalisiin ominaisuuksiin nähden humusrikkaissa maissa eri hiukkassuuruuksien keskeisellä suhteella on pienempi merkitys kuin humusköyhissä maissa, joten orgaanisten aineiden mukana olosta liettämisessä johtunut mahdollinen pieni virheellisyys hiukkassuuruuksien keskeisessä suhteessa jää käytännöllisesti vähän merkitseväksi. Vasta liettämisen jälkeen suoritin saatuihin eri hiukkasfraktioihin nähden näytteissä I hehkutusmenetelmää käyttäen humusainesten määräyksen.

Tulokset näkyvät taulukosta III.

Taulukko III. **Tabelle III.**

Näyte N:o Probe	Kivennäisaineita eri fraktioissa, paino- % Mineralstoffe in den verschiedenen Fraktionen, Gewicht- %			
	2—0.2 mm	0.2—0.02 mm	0.02—0.002 mm	< 0.002 mm
1_I	93.5	93.0	92.2	77.6
2_I	95.4	94.3	94.1	80.5
3_I	96.1	95.6	95.2	75.0
4_I	94.0	94.5	93.6	81.0
5_I	95.1	95.4	93.1	85.0
6_I	—	98.5	98.1	89.0
7_I	90.5	90.9	91.2	93.2
8_I	92.0	92.5	92.3	94.0
9_I	89.0	89.9	90.6	91.5
10_I	92.3	90.2	93.7	92.9
11_I	92.7	91.0	93.5	93.0
12_I	93.2	94.0	92.9	91.0
13_I	95.0	94.8	94.2	90.0
14_I	90.0	91.0	91.3	92.0
15_I	88.9	87.2	87.5	86.9
16_I	94.2	93.0	92.6	89.9
17_I	89.1	87.2	87.8	86.6
18_I	89.0	87.5	89.5	90.0
19_I	88.1	85.4	88.3	90.3
20_I	89.0	86.1	88.0	89.1
21_I	87.2	85.5	87.1	90.0
22_I	84.0	93.6	87.5	90.4
23_I	81.7	85.6	79.5	81.4
24_I	83.2	87.4	89.1	90.3
25_I	83.0	81.8	83.5	86.1
25_{II}	82.9	83.3	84.1	89.1
26_I	76.1	77.5	76.9	88.0
26_{II}	75.4	76.3	77.0	79.0

Kuten tuloksista nähdään, on vaihtelu humusainesten paino-%-määrissä saman näytteen eri fraktioissa varsin vähäinen. Tulokset ovat siis jotenkin yhtäpitäviä RICHTERin (25; 1916; 330) ja SCHILDKNECHTin (28; 1927; 30, 31) saamien tuloksien kanssa. Sen vuoksi en ole pitänyt tarpeellisena laskea tämän vaihtelun aiheuttamaa korektiota mekaanisen maa-analyysin antamissa tuloksissa, vaan olen käyttänyt niitä sellaisinaan. Maa-agregaattien dispersoimiseen käytetään useasti (0.005—0.25 normaalista) ammoniakkiliuosta, joskus suolahappoa, Na_2CO_3 ja hapanta kaliumoxalaattia tai H_2O_2 (20 vol.-%). Kun mitään näistä menetelmistä ei ole normalisoitu ja kun niiden vaikutus eri maalajeihin on suhteellisesti erilainen, en ole käyttänyt niistä mitään. FRECKMANN ja JANERT (29; 1925; 1—6) m. m. ovat tutkimuksissaan tulleet siihen tulokseen, että elektrolyyttilisäykset eivät johda moitteettomaan tulokseen.

Samasta syystä en myöskään ole käyttänyt maanäytteen pullossa hölskytystä (Schütteln), josta myöskin saattaa aiheutua hienompien hiukkasten prosenttiosuudessa huomattava nousu (29; 1925; 2—3).

Vielä v. 1928:kaan ei esim. UKBO (30; 1928; 315) katsonut hölskytysmenetelmän vaikutusta riittävästi selvitetyksi voidakseen hyväksyä sen käytäntöön. Kulttuuriteknilliseltä kannalta onkin syytä suhtautua varovasti menetelmiin, joissa pyritään maasta saamaan mahdollisimman korkea hienojen hiukkasten määrä ja joissa maa-aggregaatitkin hajoitetaan, sillä on varsin epäiltävää, onko tällainen tulos omiansa luonnehtimaan maan fysikaalisia ominaisuuksia paremmin.

Aivan äskettäin on SCHUBERT (31; 1929; 227—258) kuitenkin katsonut voivansa suosittaa (0.005—0.025 n) ammoniakkiliuoksen ja hölskytyksen käyttöä analyysimaan esikäsittelyssä.

Liettäminen: Senjälkeen kun edellä esitetyllä tavalla käsiteltynä koko näyte oli saatu liettämisaparaattiin, hölskytettiin sitä parin minuutin ajan käsissä, seisotettiin ylösalaisin käännettynä minuutin verran eli kunnes veden pyörreliike oli loppunut, sen jälkeen koje varovasti käännettiin pystyyn. Kun vesipinta kojeessa oli 30 cm korkeammalla veden uloslaskuputkea, laskettiin vesi siinä olleine lietteineen 22 ½ minuutin perästä suureen lasiastiaan b, kuva 24. Tällöin poistui näytteestä suurin osa 0.02 mm pienemmistä hiukkasista eli siis hiesu- ja savifraktiot. Tämän jälkeen täytettiin lieteaparaatti uudelleen vedellä ja nyt sekä seuraavilla kerroilla vesijohtovedellä. Liettäminen uusittiin sitten samalla tavoin kuin ensikerrallakin. Tätä jatkettiin, kunnes vesi aparaatissa 22 ½ minuutin seisotuksen jälkeen oli täysin kirkas, jolloin 0.02 mm pienemmät hiukkaset olivat poistuneet näytteestä.

Aparaattiin jääneiden hiekka- ja hietafraktioiden erittely tapahtui edelleen muuten samalla tavalla kuin ensi kerrallakin, paitsi että seisotusaika nyt oli vain 15 sek. Liettäminen uusittiin 2—3 kertaa. Tällöin poistui näytteestä hietafraktio eli hiukkaset, joiden suuruus oli 0.2—0.02 mm ja kojeeseen jäi maanäytteestä vain 0.2 mm karkeammat hiukkaset.

Lasiastiaan lietetyt hiesu- ja savifraktiot erotettiin toisistaan siten, että vettä, jota astiassa oli 11—12 cm:n vahvuudelta, sekoitettiin ensinnä perusteellisesti ja sitten jätettiin seisomaan tasalämpöiseen paikkaan 8 tunniksi. Seisotuksen perästä poistettiin heevertin avulla vettä 10 cm:n vahvuudelta lietteineen toiseen astiaan. Täten jatkettiin, kunnes 10 cm vahva vesikerros lasiastiassa oli 8 tunnin perästä paljain silmin katsoen täysin kirkas. Jälelle jääneet maahiukkaset vastasivat hiesufraktiota raesuuruudeltaan 0.02—0.002 mm.

Kuva 24.

Poistunut savifraktio $<$ 0.002 mm sakkautettiin koaguloimalla suolahapon avulla.

Kaikissa hiesun ja saven liettämisissä ensi kerralla käytettiin hieman laskettua pitempää seisotusaikaa, jotta välttyisi se virheellisyys, mikä johtuu suspension vahvan konsentration aiheuttamasta hiukkasien vaipumisnopeuden hidastumisesta.

Eritellyt hiekka-, hieta-, hiesu- ja savifraktiot kuivattiin ensin vesihauteella ja sitten kuivauskaapissa 105—110° C lämmössä. Näytteet jäähdytettiin eksikkaattorissa sekä punnittiin tarkkuusvaa'alla. Kuivaus, jäähdytys ja punnitus uusittiin kunnes näytteiden paino pysyi konstanttina. Senjälkeen kun alkuperäisen näytteen painosta oli vähennetty hehkutuskevennysmääräyksen yhteydessä saatu ilmakuivan kosteuden määrä, voitiin laskea saatujen hiukkasfraktioitten paino-osuus.

Analyysin antamia eri hiukkassuuruuksia tarkastettaessa oli havaittavissa, että erittäinkin näytteissä 7—26 niin hyvin hieta- kuin hiesufraktiolta puuttui puhdas, selkeä väri, eivätkä ne juosseet näytteitä käännelläessä, kuten puhtaat hiukkaset, vaan oli siinä määrättyä tahmeutta. Hietafraktiot olivat kyllä hajoisia, mutta jo hiesufraktioissa esiintyi niitä kuivattaessa taipumusta muruisuuteen, kuten

savessakin, vaikkakin nämä murut olivat kosketettaessa helposti hajoavia. Katsottaessa hietafraktiota suurennuksella voi selvästi havaita hiukkasia ympäröivän tummanruskean jauheen, joka todennäköisesti oli suureksi osaksi rautasakkautumaa.

Kun tislattua vettä käytettiin vain näytteen esikäsittelyssä eikä ensinkään myöhemmin varsinaisen liettämisen yhteydessä ja kun vesijohtovesi elektrolyyttipitoisuutensa vuoksi saattaa vaikuttaa jonkin verran koaguloivasti hienoimpiin hiukkasiin, on todennäköistä, että tulokseen on ollut vaikuttamassa ainakin osittain tämä syy.

Yksistään siitä se ei kuitenkaan voi olla johtunut, vaan on asiaan ollut vaikuttamassa muitakin tekijöitä. Koaguloitumista saattaa nimittäin edistää m. m. myöskin se, että savenerotusastiassa savi- ja hiesuhiukkaset pitkän seisotuksen aikana painuvat lähekkäin ja ryhmittyvät.

Tämän hiukkasten pinnalle sakkautumisen ja ryhmittymisen estämiseksi ei nähtävästi riitä vain maanäytteen hölskytys aparaatissa eikä liioin veden voimakas sekotus savenerotusastiassa, vaan olisi näytettä kumisuojuksella varustetulla sormella hierottava ei ainoastaan ennen varsinaisen liettämisen alkamista, vaan myöskin lietejätteitä aparaatissa ja lasiastiassa liettämisen aikana.

Kun täten oli ilmeistä, että suoritetuissa analyyseissä eivät eri fraktiot olleet täysin erittyneet, suoritettiin säilytettyihin hieta- ja hiesufraktionäytteisiin nähden uusintaliettäminen näytteissä 7, 8, 10—24. Liettämisessä käytettiin tislattua vettä ja joka liettämisen jälkeen hierustettiin sormella lietejätettä uudelleen.

Seisotuskertain luku oli hietanäytteissä 4—5 ja hiesunäytteissä 3—4.

Tällöin erittyi hiedasta hiesu- ja saviainesta seuraavat määrät paino-%:ssa:

Näyte:	hiesua:	savea:
7 ja 8	12.07—13.50	3.63— 4.71
10—13	8.71—10.05	5.51— 6.70
14 ja 15	7.71— 8.92	6.10— 8.31
16—21	8.4 — 9.1	9.0 —11.5
22—24	5.6 — 6.8	2.7 — 3.5

Hiesufraktioista taasen erittyi saviainesta seuraavat määrät paino %:ssa.

Näyte:	savea:
7 ja 8	3.78— 4.13
10—13	3.72— 5.30
14 ja 15	5.52— 6.70
16—21	10.97—11.10
ja 22—24	4.44— 6.53

Tämä merkitsee hiesu- ja saviainesten lisääntymistä (vähentymistä) näytteissä:

7 ja 8	hiesu n.	3—7	%:lla,	savi n.	3 —5	%:lla.
10—13	»	» (—2.5)—(+2)	»	»	» 2.5—4.5	»
14 ja 15	»	» (—2.5)—(+2)	»	»	» 3 —5	»
16—20	»	» (—4)—(±0)	»	»	» 4 —8	»
22—24	»	» (—1.5)—(±0)	»	»	» 2.5—4	»

Suoritetun uusintaliettämisenkään jälkeen eivät hieta- ja hiesufraktiot näyttäneet vieläkään täysin puhtailta, vaikka vesi olikin viimeisessä liettämisessä selkeätä. Kun vielä otetaan huomioon, että maanäytettä kuivatettaessa sen savihiukkaspitoisuus aggregoitumisen vuoksi vähenee, niin on hyvin todennäköistä, jos olisi lähdetty ottokosteasta maasta, että saviainesten %-osuus olisi yleensä saatua korkeampi.

Näytettä hierottaessa sormella maljassa ennen liettämistä dispersoituivat:

varsin helposti näytteet 1_{I-VI}; 2_{III-VI}; 5_{II}; $26_{IV, V}$ ja 27_{IV}

helposti näytteet $2_{I, II}$; $3_{II, III}$; 4_{II-IV}; $5_{I, III}$; $9_{I, II}$, $10_{III, IV}$; $11_{III, V, VI}$; 25_{I-IV} ja $26_{II, III}$

helponlaisesti näytteet $3_{I, IV-VI}$; $4_{I, V, VI}$; 7_{II}; 8_{I-III}; 9_{III-VI}; $10_{II, V, VI}$; $11_{II, IV}$; 12_{II}; 13_{I-III}, $14_{I, II, IV, VI}$; 15_{I}; 17_{II}; 18_{II}; $19_{II, IV, VI}$; 20_{I}; 24_{IV-VI}; 25_{III} ja 26_{I}

vaikeahkosti näytteet 5_{IV-VI}; 6_{I}; $7_{I, III, VI}$; 8_{IV-VI}; 10_{I}; 11_{I}; $12_{I, IV-VI}$; 13_{IV-VI}; $14_{IV, V}$; 15_{II-VI}; 16_{I}; $17_{I, III, V, VI}$ $18_{I, III-V}$; $19_{I, III, V}$; $20_{II, V, VI}$; $21_{I, II}$; $22_{IV, V}$; $23_{III, V, VI}$; 24_{I-III}; $25_{V, VI}$; 26_{II}.

vaikeasti $7_{IV, V}$; $16_{II, VI}$; 17_{IV}; 18_{VI}; $20_{III, IV}$; 21_{III}; 22_{I-III}; $23_{II, IV}$ ja 26_{III-V} sekä

varsin vaikeasti 21_{IV-VI}; 23_{I} ja 26_{VI}.

Lietettäessä kirkastui vesi aparaatissa nopeasti näytteissä 7_{V} ja 20_{II-VI} sekä saveneritysastiassa näytteissä 7_{V}; 24_{VI}; $25_{III, IV}$ ja 26_{IV-VI}.

Huolimatta useasta liettämisestä pysyi vesi edelleen hieman sameana aparaatissa näytteissä 16_{I} ja $17_{I, II}$.

Savi koaguloitui suolahapolla huonosti näytteissä 12_{I-VI}; 26_{IV-VI} ja 27_{IV}.

Vedenpinnalle syntyi öljymäinen kalvo näytteitä $25_{I, II}$ ja $26_{I, II}$ lietettäessä.

Taulukko IV. **Tabelle IV.**

Näytteen Probe N:o	Liettämiskertoja Anzahl der Schlämmungen: hiesuun ja saveen nähden an Schluff u. Ton	Liettämiskertoja Anzahl der Schlämmungen: saveen nähden an Ton	Eri hiukkassuuruuksien %-osuus kivennäisaineksista Prozentualer Anteil der verschiedenen Korngrössen an den Mineralstoffen: Hiekka Grober Sand %	Hieta Feiner Sand %	Hiesu Schluff %	Savi Ton %	Yhteensä. Zusammen %	Hehkutuskevennys palno- % Glühverlust Gewichts- %	Organisia aineksia pyöristäen paino- % Organische Stoffe (abgerundetes) Gewicht- %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1_{I}	7	2	22.00	66.60	10.72	0.54	99.86	7.66	6.70
1_{II}	7	2	14.95	75.30	9.12	0.20	99.57	2.70	2.00
1_{III}	7	2	21.80	70.50	7.40	0.22	99.92	1.08	0.50
1_{IV}	7	2	33.25	60.05	6.41	0.28	99.99	0.96	0.50
1_{V}	7	2	23.90	69.00	6.59	0.46	99.95	0.90	0.40
1_{VI}	4	2	39.70	58.10	1.92	0.18	99.90	0.97	0.50
2_{I}	11	3	10.03	57.60	28.17	3.64	99.44	5.84	4.60
2_{II}	7	3	9.26	69.40	18.35	2.52	99.53	2.35	1.20
2_{III}	6	3	7.41	76.20	10.99	2.54	97.14	1.19	0.20
2_{IV}	5	2	22.60	72.40	4.36	0.30	99.66	0.76	0.10
2_{V}	6	2	13.91	74.45	10.12	1.15	99.63	0.79	0.10
2_{VI}	6	2	24.25	67.75	6.69	0.91	99.60	0.67	0.10
3_{I}	6	5	60.60	18.45	18.90	0.70	98.65	4.56	3.90
3_{II}	5	4	88.80	9.38	1.74	0.14	100.06	0.40	—
3_{III}	7	4	50.45	42.00	6.12	0.48	99.05	1.97	1.30
3_{IV}	7	5	44.00	47.20	7.04	1.13	99.37	1.35	0.70
3_{V}	8	10	1.63	11.15	59.70	23.35	95.83	2.58	0.40
3_{VI}	8	10	1.49	10.91	58.50	24.95	95.85	2.94	0.70
4_{I}	7	6	36.05	46.77	14.93	2.25	100.00	6.00	4.90
4_{II}	7	6	42.45	45.90	8.22	3.33	99.90	1.00	0.20
4_{III}	8	6	45.45	43.00	8.22	3.30	99.97	0.79	—
4_{IV}	8	6	56.15	32.67	5.28	3.56	97.66	0.54	—
4_{V}	10	7	4.45	25.30	54.60	13.85	98.20	1.94	—
4_{VI}	10	7	2.16	30.12	57.50	12.40	102.18	1.75	—
5_{I}	8	2	74.70	16.28	8.27	0.52	99.77	4.78	4.00
5_{II}	5	1	92.45	5.04	2.28	0.17	99.94	0.79	0.30
5_{III}	8	4	54.18	37.00	5.52	2.58	99.28	1.31	0.70
5_{IV}	12	21	1.49	28.12	31.16	37.82	98.59	4.52	1.90
5_{V}	24	15	0.84	22.82	49.30	23.28	96.24	2.72	0.50
5_{VI}	15	14	1.09	23.62	51.60	20.12	96.43	2.27	—
6_{I}	22	7	1.09	24.14	61.20	11.87	98.30	1.90	0.40
6_{II}	22	6	1.63	45.36	46.65	5.52	99.16	1.09	0.20
6_{III}	19	5	8.99	46.50	39.60	5.96	101.05	0.89	—
6_{IV}	12	3	2.83	79.80	16.57	0.65	99.85	0.31	—
6_{V}	6	1	7.06	91.17	1.70	0.07	100.00	0.25	—
6_{VI}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7_{I}	19	8	10.76	54.30	28.23	6.14	99.43	9.28	7.50
7_{II}	19	8	2.50	55.07	34.50	6.78	98.85	3.85	2.00
7_{III}	19	9	3.13	51.10	36.68	9.00	99.91	1.96	—
7_{IV}	19	10	3.29	45.60	39.63	9.92	98.44	2.47	0.50
7_{V}	19	11	5.54	29.75	50.63	12.13	98.05	3.30	1.00
7_{VI}	19	10	3.19	40.23	43.12	12.15	98.69	2.20	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8_{I}	18	10	8.55	48.26	35.07	7.02	98.90	7.98	6.30
8_{II}	18	10	5.46	51.88	35.38	6.24	98.96	4.90	3.00
8_{III}	18	10	4.19	51.00	35.65	.824	99.08	2.32	0.50
8_{IV}	19	10	4.67	39.78	45.20	9.11	98.76	2.52	0.50
8_{V}	19	10	4.33	41.00	42.85	11.12	99.30	2.44	0.40
8_{VI}	19	10	4.67	36.35	45.36	12.23	98.61	2.49	0.30
9_{I}	18	7	11.80	41.62	41.08	4.85	99.35	10.10	8.50
9_{II}	18	8	10.35	43.02	40.16	5.73	99.26	5.94	4.30
9_{III}	19	9	8.46	43.34	41.55	6.10	99.45	5.49	4.00
9_{IV}	19	10	9.23	36.53	43.20	9.75	98.71	6.89	5.30
9_{V}	19	11	8.83	30.70	43.23	15.52	98.28	5.00	3.00
9_{VI}	18	11	6.55	26.42	47.73	17.50	98.20	3.43	1.30
10_{I}	14	8	18.86	30.20	41.50	7.94	98.50	7.96	6.50
10_{II}	12	9	13.13	21.53	47.04	16.35	98.05	2.59	0.60
10_{III}	13	9	6.46	16.00	58.90	16.75	98.11	2.51	0.50
10_{IV}	12	10	1.50	8.12	64.00	24.48	98.10	2.24	—
10_{V}	12	11	1.80	6.78	63.68	25.50	97.76	1.88	—
10_{VI}	13	11	0.64	4.26	71.40	21.42	97.72	1.67	—
11_{I}	17	10	15.81	26.30	48.13	8.38	98.62	7.19	5.50
11_{II}	17	11	9.53	20.70	51.55	16.65	98.43	2.94	1.00
11_{III}	17	11	3.86	12.99	63.54	17.81	98.20	2.20	—
11_{IV}	16	11	1.36	9.82	65.20	21.69	98.07	2.10	—
11_{V}	12	11	2.00	7.18	64.18	24.64	98.00	1.88	—
11_{VI}	12	11	1.78	6.74	68.37	20.92	97.81	1.67	—
12_{I}	27	11	7.55	26.33	53.87	10.71	98.46	7.06	5.50
12_{II}	23	13	8.02	29.58	48.10	12.54	98.24	4.10	2.20
12_{III}	27	13	3.20	26.50	50.50	17.58	97.78	2.88	0.80
12_{IV}	26	15	1.96	19.08	49.55	26.13	96.72	3.24	1.00
12_{V}	27	15	1.03	16.50	46.45	31.92	95.90	3.26	1.00
12_{VI}	26	15	2.09	12.32	49.04	32.52	95.97	2.86	0.80
13_{I}	12	8	16.82	28.03	36.21	17.37	98.43	5.67	3.00
13_{II}	12	10	4.17	19.57	44.90	28.66	97.30	3.30	1.00
13_{III}	13	11	0.46	19.20	54.61	22.97	97.24	2.52	0.50
13_{IV}	18	17	0.45	16.43	51.60	28.10	96.58	2.83	0.60
13_{V}	16	17	0.88	17.21	41.10	36.19	95.38	3.09	0.60
13_{VI}	18	17	0.98	14.87	56.10	24.60	96.55	2.70	0.50
14_{I}	19	12	8.69	29.70	45.85	14.50	98.73	9.75	8.00
14_{II}	16	12	8.70	22.50	48.20	19.12	98.52	7.70	5.50
14_{III}	18	12	6.14	21.44	49.59	21.31	98.48	6.42	4.20
14_{IV}	12	11	1.90	18.58	54.60	22.90	97.98	5.75	3.50
14_{V}	11	11	3.56	25.27	48.88	20.42	98.13	4.94	2.70
14_{VI}	13	16	1.57	9.26	53.50	32.71	97.04	3.46	1.00
15_{I}	17	10	3.59	36.25	36.26	14.34	90.44	12.85	11.00
15_{II}	15	10	2.71	27.06	34.40	32.97	97.14	5.12	2.60
15_{III}	17	10	1.23	22.44	40.74	31.78	96.19	4.00	1.50
15_{IV}	17	10	1.54	27.00	39.28	30.07	97.89	3.59	1.20
15_{V}	18	11	1.88	30.10	31.61	33.20	96.79	3.88	1.40
15_{VI}	16	11	1.07	27.85	30.35	36.05	95.32	4.41	1.80

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16_{I}	27	14	10.57	28.60	33.59	24.44	97.20	7.05	5.00
16_{II}	19	18	0.26	15.67	34.90	45.04	95.87	5.48	2.50
16_{III}	17	23	0.42	13.95	28.68	49.40	92.45	5.26	2.00
16_{IV}	17	29	0.12	10.38	36.74	45.64	92.88	5.23	2.00
16_{V}	18	29	0.33	14.87	35.40	42.85	93.45	4.89	2.00
16_{VI}	16	24	0.15	12.42	36.08	44.51	93.16	4.88	2.00
17_{I}	38	14	8.08	17.92	51.92	20.80	98.72	12.07	10.00
17_{II}	24	12	4.95	27.32	41.07	25.12	98.46	5.26	3.50
17_{III}	20	20	0.39	17.52	35.65	40.73	94.29	5.32	2.50
17_{IV}	18	22	0.14	7.47	40.90	45.75	94.23	5.19	2.00
17_{V}	15	19	0.09	9.45	34.88	49.50	93.92	4.84	2.00
17_{VI}	18	21	0.56	11.66	30.22	51.40	93.84	5.19	2.00
18_{I}	17	10	11.85	24.35	38.76	22.58	97.54	10.33	8.50
18_{II}	16	11	4.93	18.98	39.78	35.24	98.93	7.88	5.50
18_{III}	14	22	0.81	13.95	36.55	45.08	96.39	5.62	2.00
18_{IV}	14	24	0.45	11.76	29.65	55.05	96.91	5.77	2.00
18_{V}	13	24	0.51	13.70	32.02	50.05	96.28	5.22	2.00
18_{VI}	14	26	0.75	13.88	33.10	50.00	97.73	5.42	2.00
19_{I}	19	12	9.12	25.66	38.00	27.10	99.88	11.58	9.50
19_{II}	18	13	8.46	19.10	33.45	37.54	98.55	7.03	4.00
19_{III}	13	16	0.69	18.26	30.45	47.66	97.06	5.66	2.00
19_{IV}	13	16	0.70	14.29	33.10	51.43	99.52	5.25	2.00
19_{V}	14	17	0.20	15.61	31.92	49.33	97.09	4.52	1.50
19_{VI}	14	17	0.29	15.30	38.05	43.86	97.50	4.08	1.00
20_{I}	19	10	14.08	26.62	34.05	22.13	96.88	12.57	10.50
20_{II}	16	11	4.64	25.05	33.72	32.97	96.38	7.79	5.00
20_{III}	14	13	0.46	19.15	25.88	47.95	93.44	6.41	3.00
20_{IV}	13	13	0.31	17.61	26.50	51.91	96.33	5.81	2.50
20_{V}	12	13	0.24	11.27	28.80	53.50	93.81	4.49	1.50
20_{VI}	12	14	0.16	12.52	26.13	54.90	93.71	5.29	2.00
21_{I}	15	9	21.02	29.50	28.45	18.77	97.74	12.85	10.50
21_{II}	11	14	7.90	16.91	32.50	39.86	97.17	8.15	5.00
21_{III}	11	14	0.61	20.12	31.53	44.03	96.29	5.06	2.00
21_{IV}	11	14	0.16	13.94	25.68	55.85	95.63	5.84	2.00
21_{V}	10	14	0.11	10.04	24.74	59.80	94.69	5.49	2.00
21_{VI}	10	14	0.14	11.11	28.04	55.56	94.85	5.03	1.50
22_{I}	16	9	33.32	24.86	28.83	11.74	98.75	12.82	10.50
22_{II}	16	9	1.79	22.59	33.90	41.05	99.33	8.83	3.50
22_{III}	16	10	3.72	21.15	35.74	38.96	99.57	9.60	5.00
22_{IV}	16	10	3.75	26.30	37.00	33.48	100.53	8.11	4.50
22_{V}	16	10	2.16	23.84	36.04	36.90	98.94	7.63	4.00
22_{VI}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23_{I}	14	10	19.13	35.15	31.16	12.91	98.35	19.38	17.00
23_{II}	13	11	5.15	25.25	32.47	33.80	96.67	10.38	7.00
23_{III}	13	11	2.34	18.74	35.90	39.30	96.28	8.17	4.50
23_{IV}	12	12	4.06	23.70	34.10	35.20	97.06	6.48	3.00
23_{V}	13	12	6.08	19.72	38.12	32.12	96.04	8.46	5.00
23_{VI}	14	12	6.11	27.06	39.23	23.83	96.23	8.90	5.50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24_{I}	14	10	10.05	35.15	33.18	18.87	97.25	13.92	11.50
24_{II}	13	10	11.30	33.43	31.53	21.81	98.07	12.76	11.50
24_{III}	14	12	0.87	20.28	33.42	42.07	96.64	7.25	5.00
24_{IV}	17	12	4.79	24.20	35.11	32.32	96.42	8.44	5.00
24_{V}	14	12	0.78	21.26	37.06	38.20	97.30	7.83	4.00
24_{VI}	15	12	0.85	24.90	41.86	29.07	96.68	8.83	5.50
25_{I}	15	3	13.08	55.50	25.96	4.63	99.17	17.95	16.00
25_{II}	10	4	11.19	51.00	32.44	5.05	99.68	16.94	15.00
25_{III}	15	8	6.56	33.43	43.19	14.46	97.64	9.70	8.00
25_{IV}	12	8	6.14	54.05	26.61	10.92	97.72	6.16	4.50
25_{V}	11	8	0.32	27.13	27.80	38.10	93.35	4.63	2.00
25_{VI}	14	8	0.47	29.44	39.90	24.70	94.51	4.06	2.00
25_{VII}....	23	7	0.46	28.62	31.92	34.95	95.95	3.55	1.00
26_{I}	9	2	6.21	46.26	42.87	4.57	99.91	23.43	22.00
26_{II}	9	4	9.77	50.65	32.55	7.22	100.19	25.32	23.50
26_{III}	10	8	0.85	41.45	41.08	12.86	96.24	8.55	6.50
26_{IV}	10	9	0.21	33.06	44.65	16.67	94.59	6.33	4.00
26_{V}	10	9	0.73	26.68	41.76	26.25	95.42	5.77	3.00
26_{VI}	10	9	0.80	29.13	43.77	22.73	96.43	5.61	3.00
27_{I}	Muraa. Anblystegiumin lehtifragm., org. amorf. massaa; sangen runsaasti sekund. miner.							50.68	50.00
27_{II}	Muraa. Itiöitä, piileviä, siitepölyhiukkasia, amorf. org. massaa							45.17	45.00
27_{III}	Samoin kuin edellinen.							39.03	39.00
27_{IV}	11	13	0.72	7.25	55.20	33.12	96.29	2.37	—
28_{I}	M-t., multamaista R_1CV_1; tuohta, puuta, maanp.							51.36	51.00
28_{II}	M-t., H_6R_{1-2} CV_2, tuohta ja kuorta hyvin runsaasti							85.60	85.00
28_{III}	M-t., H_{6-7} R_1CV_1, kuorta, pääasiassa amorf. org. massaa, hiukan sekund. miner. hiukk.....							93.33	93.00
28_{IV}	M-t., $H_{6-7}HR_{(1)}$ CV_{1-2}, tuohta ja puuta, amorf. org. massaa							88.86	88.00
28_{V}	M-t., $H_{6-7}R_{(1)}$ CV_{1-2}, kuorta, amorf. org. massaa							89.31	89.00
28_{VI}	M-t., $H_8R_{(1)}CV_1$, tuohta, amorf. ogr. massaa							83.05	83.00
29_{I}	M-C-t., $H_6R_1(C)V_0$, runsaasti org. amorf. massaa ja lisäksi savea							42.42	42.00
29_{II}	M-C-t., H_6R_1 $(C)V_1$ (Betula), Eq-jätteitä hiukan org. amorf. massaa							95.05	95.00
29_{III}	Eq-C-t., H_3R_{1-2} (C), Eq-jätteitä, Menyanth. siemeniä....							95.33	95.00
29_{IV}	Eq-C-t., H_6R_1 $(C)V_0$, Eq-jätteitä							92.15	92.00
29_{V}	M-Eq-C-t., H_6R_1 $(C)V_1$ (Betula), Eq-jätt., amorf. massaa							89.10	89.00
29_{VI}	Hietaa, jossa runsaasti Eq-jätteitä							1.03	—
30_{I}	C-t., H_7, runsaasti amorf. massaa ja lisäksi savea							76.25	76.00
30_{II}	Eq-C-t., H_5R_1 (C, Eq)V_0, varpuja, amorf. massaa							95.70	95.00
30_{III}	Eq-C-t., H_4R_1 (C, Eq)V_0, amorf. massaa							95.40	95.00
30_{IV}	Eq-C-t., H_3R_{1-2} $(C)V_0$, Eq-jätteitä							94.80	94.00
30_{V}	C-Eq-t., H_6R_1 $(Eq_1, C_1)V_0$, varpuja (hiukan)							93.12	93.00
30_{VI}	Eq-C-t., H_6R_1 $(C)V_0$, Eq-jätteitä							81.66	81.00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31_{I}	C-t, H_6R_1 (C)V_0, pääosa amorf. massaa							90.00	90.00
31_{II}	C-t, H_6R_1 (C)V_{0-1}, hiukan Eq-jätteitä, hiukan amorf. massaa							95.40	95.00
31_{III}	Eq-C-t., H_6R_1 (C)V_1, (Betula), Eq-jätteitä ja Menyanth. siemeniä hiukan.....							95.20	95.00
31_{IV}	Eq-C-t., H_5R_1 (C)V_0, hiukan varpuja, runsaasti Eq-jätteitä ja Menyanth. siemeniä							95.60	95.00
31_{V}	C-Eq-t, H_6R_1 (EqC_{0-1})V_0, Hyvin runsaasti Eq-jätteitä							91.50	91.00
31_{VI}	Eq-C-t, H_{6-7} R_1 (CEq)V_1, (Betula). Amorf. massaa							71.20	71.00
32_{I}	Puhdasta Sph-t, $H_2F_0R_0V_0$, ei jätteitä							—	—
32_{II}	Sph.-t.,$H_2F_0R_0V_0$							—	—
32_{III}	Sph.-t., $H_{3-4}F_0R_0V_0$							—	—
32_{IV}	Er-Sph.-t., $H_{3-4}F_0R_1$0ErV_1, puuta, alaosa H_6							—	—
32_{V}	Er-Sph-t., $H_{5-6}F_2R_0V_0$.....							—	—
32_{VI}	Sph.-t., $H_{4-5}F_2R_0V_0$							—	—
33_{I}									
33_{II}									
33_{III}									
33_{IV}									
33_{V}									
33_{VI}									
34_{I}	Toinen pää Sph.-t., H_2R_0, toinen savenpit. Sph.-t., H_7								
34_{II}	Sph.-t., H_1R_{0-1} (Erioph. vag.).....								
34_{III}	Yläosa Er-Sph.-t., H_2F_1; alaosa Er-Sph.-t., $H_8F_3R_1$ (Er)								
34_{IV}	Eq-C-t, H_3R_{2-3}(C). Eq. ja Men. siemeniä, varpujätt...								
34_{V}	C-t, H_7 (Eq, C_1) Amorf. massaa								
34_{VI}	M-t, H_6R_1 (Eq, C_{0-1}).								

Saveneritysastiassa tarttui liete näytteessä 27_{IV} ensi liettämiskerroilla varsin lujasti pohjaan kiinni.

Näytettä 7_{V} hierottaessa maljassa värjäytyi vesi varsin keltaiseksi.

Kuten edellä olevasta on selvinnyt olen hiukkassuuruudet eritellyt vain pääryhmiin.

hiekka	2.0 —0.2	mm
hieta	0.2 —0.02	»
hiesu	0.02—0.002	» ja
savi	$<$ 0.002	»

Varmaankin olisi varsinkin kutistumisilmiön kannalta ollut toivottavaa savifraktion edelleen jaottelu. Kun $< 2\ \mu$ ($<$ 0.002 mm) pienempien hiukkasten erittely on aikaa vaativa ja varsin vaikea operaatio, eikä luotettavasti suoritettavissa, en sitä kuitenkaan ole tehnyt.

Taulukosta IV näkyvät lieteanalyysien antamat tulokset. Samassa taulukossa on myös mainittu hiesun-saven ja saven liettämiskertain lukumäärä. Aikaisemmin on myös erittäin mainittu liettämiskertain lukumäärä hieta- ja hiesufraktioitten uusintaliettämisessä.

Uusintaliettämisessä saadut korjaukset hiukkassuuruuksien prosenttiosuuksissa on taulukossa olevissa arvoissa otettu huomioon.

Samassa taulukossa on myöskin botaaniset analyysitulokset näytteistä 27—34; lyhennykset vastaavat WARÉNin [v. Postin] (32; 1925; 24—26) turvekaavalyhennyksiä.

Tiemaalta kirsikyhmystä Jämsästä otetun näytteen mekaaninen kokoomus oli seuraavanlainen:

2—0.2 = 12.5 %, 0.2—0.02 = 37.9 %, 0.02—0.002 = 46.7 % ja < 0.002 2.1 % sekä hehkutuskevennys 0.75 %.

Näytteitä N:o 16—21 vastaavissa maalajeissa esiintyy useasti ohuita vaaleita linssimäisiä kerrostumia; tällaisesta otetun näytteen mekaaninen kokoomus oli seuraavanlainen:

2—0.2 = 0.00 %, 0.2—0.02 = 0.00 %, 0.02—0.002 = 90.9 % ja < 0.002 = 7.8 %.

Täydennyksenä ja vertailun vuoksi on syytä mainita muutamia Valtion maantutkimuslaitoksen (Suomen geologisen toimiston) suorittamien mekaanisien maa-analyysien tuloksia, taulukko V.

Taulukossa V mainituista eri maalajinimityksistä kertava savi vastaa tässä tutkimuksessa näytteitä: 10—14, jäykkä savi näytteitä 16—21, urpasavi näytteitä 22—24 ja lieju näytteitä 25_{III}—25_{IV} ja 26_{III}—26_{IV}. Tuloksia verrattaessa havaitaan, että SAURAMOn ja AARNION saamat saviprosenttiosuudet ovat tuntuvasti korkeammat näytteitä 10—21 vastaavissa maalajeissa. Niinpä kertavien savien saviprosentti on SAURAMON tutkimuksissa 57.7 % ja AARNION 22.50—47.40 %, mutta tekijän analyysien mukaan vain 16.75—36.19 %; jäykkään saveen nähden AARNIO on saanut saviprosentiksi 71.33—82.24 ja SAURAMO 64.0—77.8 (17; 1924; 46—47), mutta tekijä vain 40.73—59.80; urpasaveen nähden AARNIO saviprosentin 19.29—58.20, FROSTERUS 32.00 ja tekijä 23.83—42.07. Että tässä kuitenkin on kysymyksessä vastaavat maalajit, käy selville yleisluontoisista maan laatujen selostuksista, näytteiden ottopaikkain asemasta sekä vertaamalla hygroskooppisuus arvoja (katso myöhempiä sivuja 76—79 ja 83). Ilmeisesti eroavaisuus tuloksissa johtuu lieteanalyysien suorituksessa käytetystä erilaisesta menetelmästä.

Tätä tukee myöskin se, että AARNIO viimeisimmissä tutkimuksissaan on saanut Lounais-Suomen (15; 1928) lihavissa savimaissa saviprosenttiosuuden yleensä yli 70 %, kun hän samaan savimaahan nähden aikaisemmin Mustialassa (3; 1916) on saanut saven maksimimääräksi vain 46.6 %. Mitenkä kovin paljon etukäsittely vaikuttaa savirikkaimmissa maissa, käy selville myöskin SCHUBERTin tutkimuksista (31; 1929; 250), kun hän sai näytteeseensä 1 nähden hölskytysmenetelmää käyttäessään saviainesten prosenttiosuuden 83.5, mutta keittämismenetelmää käyttäen vain 54.4 %.

Taulukko V. **Tabelle V.**

Julkaisu; maalaji; näyte Publikation; Bodenart; Probe	Syvyys-pinnasta Tiefe von der Oberfläche cm	Hiukkassuuruuksien %-osuus Korngrösse < 0.002 mm	0.002—0.03 mm	0.03—0.2 mm	0.2—2.0 mm	Yhteensä Zusammen	Orgaaniset aineet paino-% Organ. Stoffe Gewicht-%	Hygroskoopisuus paino-% Hygr. Gewicht-%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aarnio (14; 1927, 36—39):								
Karkea hiekka	45—80	—	—	17.10	82.90	100.0		0.65
Tavallinen hiekka..	90—105	0.22	0.34	31.87	67.54	99.97		0.10
Hieno hiekka	70—75	0.47	0.52	86.56	12.45	100.00		0.24
» »	40—50	5.25	15.18	77.68	0.94	99.05		1.48
Hieta	50—60	6.17	5.16	88.07	0.81	100.26		2.17
»	20—50	14.61	34.03	50.58	—	99.22		4.30
Savi, Kauhava	70—90	18.14	39.77	41.23	0.52	99.66		3.78
Moreenisavi	42—50	31.08	57.44	9.49	2.64	100.65		3.42
Kertava savi	40—50	22.50	66.29	10.07	0.87	99.73		2.63
» »	50—60	45.77	42.74	8.64	1.58	98.73		5.81
Aarnio (3; 1916, 11):								
Kertava savi	20—49	47.90	33.32	18.00	0.69	99.91	1.15	8.70
Aarnio (15; 1928; 5):								
Jäykkä savi	100—120	71.33	23.31	3.12	—	97.76		9.23
» »	80—100	82.24	14.95	1.06	—	98.25		15.47
Urpasavi	30—50	19.29	29.36	49.84	0.56	99.05		8.26
Aarnio (10; 1924; 12):								
Urpasavi	100	58.20	25.11	10.44	1.69	95.44		11.54
Aarnio (15; 1928; 5):								
Lieju	—	12.44	25.07	53.03	9.44	99.98		8.71
Frosterus (33; 1922; 7, 12)						> 2.0 mm		
Moreenihiekka	—	—	4	12	42	42 100		—
Harjuhiekka	—	—	3	30	65	2 100		—
» (hieta)	—	6	3	65	26	100		—
Frosterus (4; 1917; 27, 28, 55):								
Harmaanruskea hiekka	30—40	5.17	8.20	80.23	6.40	100		—
Hieta	—	0.72	21.13	77.12	1.00	100	1.59	0.26
Urpasavi	50—55	32.00	24.00	33.85	0.15	100	1.99	6.72
Sauramo (17; 1924; 46, 47):								
Hietasavi (kertava) (S)	20—100	57.7	33.6	5.8	3.7	100.80		4.3
Jäykkäsavi (S)	20—155	64.0	16.9	10.8	8.9	100.60		14.3

6. *Humusainesten määräys.*

Humusainesten määräyksen olen suorittanut yksinomaan hehkutuskevennystä käyttäen. Tämä tapahtui siten, että 10—15 gr

ilmakuivaa näytemaata, joka oli otettu päänäytteestä samalla tavoin kuin näyte lieteanalyysiä vartenkin, kuivattiin ensin kuivauskaapissa 3 cm leveässä ja syvässä upokkaassa 105—110° C lämmössä, jäähdytettiin eksikkaattorissa sekä punnittiin tarkkuusvaa'assa; tämä uusittiin kunnes paino pysyi kahdessa peräkkäismääräyksessä samana.

Tämän jälkeen pasutettiin näytettä. Pasutettaessa sekoitettiin maita parisen kertaa kapealla, kuumennetulla lasisauvalla. Pasutuksen jälkeen jäähdytettiin näyte eksikkaattorissa ja punnittiin. Pasutus uusittiin, kunnes oli saatu konstantti painotulos.

Täten pasuttamalla saatua painovähennystä ei voida ilman muuta pitää kokonaisuudessaan humusainemääränä. Sillä saviainekset (geelit) sisältävät vettä vielä 105—110° C lämmössä kuivattuinakin huomattavassa määrässä.

Heine (9; 1927; 135) on esittänyt, että jos maa sisältää hiesu- + savihiukkasia 10 %, on hehkutuskevennystä vähennettävä 1 %:lla, 20 %:iin nähden 2 %:lla, 30 %:iin nähden 3 %:lla jne. sekä samaten kalkkipitoisuuteen nähden, jos kalkkia on 10 % on vähennys 1 %, 20 % nähden 2 %, 30 % nähden 3 % jne.

Ekström (9; 1927; 133, 134) sai suorittamiensa lukuisten tutkimuksien perusteella hehkutuskevennyksen ja humuspitoisuuden keskeiseen suhteeseen nähden tulokseksi taulukossa VI näkyvät %:it:

Taulukko VI. **Tabelle VI.**

Maalaji	Hehkutuskevennys vähennettynä humuspitoisuudella		Hehkutuskevennys kalkki- ja humusvapaissa maissa %
	Vaihtelee %:ssa	Likimääräinen keskiarvo %	
1		3	4
Hietavat maat	0.4—1.2	1	0.4—1.3
Savihiesumaa	1.4—2.2	2	1.5—2.0
Hiesusavimaa	2.0—2.9	2.5	1.7—2.5
Lihava savimaa	2.9—4.4	3.5	2.1—3.9
Erittäin lihava savimaa	3.9—5.3	4.5	3.9—6.0

Humussubstanssin hän määräsi Dennstedtin metodin mukaan, jossa humus poltetaan hitaassa happikaasuvirrassa käyttäen platinaa katalysaattorina, ja hiilihappo kootaan adsorptioputkeen.

Vertailun vuoksi hän suoritti hehkutuskevennysmääräyksiä myös kalkki- ja humusvapaisiin maihin nähden ja sai sarekkeissa 4 mainitut arvot. Kuten havaitaan, on tämä hehkutuskevennys ollut hyvin yhtäläinen hehkutuskevennyksen kanssa kivennäisaineksiin nähden humuspitoisissa maissa.

Hehkutuskevennyksen olen laskenut prosenteissa kokonaisnäytteestä. Humuspitoisuuden taasen olen laskenut pyöristäin hehkutus-

kevennyksestä käyttämällä edellä esitettyjä EKSTRÖMIN esittämiä reduktiolukuja. Maalajien rinnastus on tapahtunut vertaamalla hänen maalajiluokittelussa esittämiänsä analyysituloksia ja niitä vastaavia maalajinimityksiä itse saamiini tuloksiin.

Tutkittujen maiden pienen kalkkipitoisuuden vuoksi en ole reduktiota laskiessani pitänyt tarpeellisena ottaa sen vaikutusta huomioon.

Edellä esitetyllä tavalla hehkutuskevennyksestä lasketun humusainesten määrä puhtaissa humusmaissa on hieman liian alhainen, sillä tällöin humusainesten tuhkakin joutuu kivennäisainesten joukkoon. Tuhkaprosentin pienuuden takia en ole kuitenkaan pitänyt sen huomioon ottamista tarpeellisena, vaan olen tällöin hehkutuskevennystä pitänyt humusainesten määränä.

Edellä esitetty tapa humusainesten määräämiseksi on eksaktisuudessa jotenkin rinnastettavissa muiden metodien kanssa. Niissä nim. olisi saatu hiilihappomäärä kerrottava faktorilla, joka saattaa vaihdella 0.65—0.42 (9; 1927; 130), mutta jona käytetään tavallisesti 0.5 (0.471).

Näytteiden hehkutuskevennys ja humusainesten määrä prosenteissa koko näytteestä näkyy pyöristettynä taulukossa IV sarakkeissa 9 ja 10.

7. *Maan paino.*

Maan tilavuus- (volyymi-) painon tunteminen on maaperän fysikaalisten ominaisuuksien tutkimuksessa yleensä varsin tärkeä ja huokoisuuden (porositet) määräämiseksi suorastaan välttämätön.

Tämän volyymipainon määräämisessä käytetään kovin monia erilaisia menetelmiä. Nämä menetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään:

1. Toisen mukaan määrätään volyymipaino maasta, jossa luontaista rakennetta ei ole säilytetty ja

2. toisen mukaan taasen maasta, jonka luontainen struktuuri on mahdollisimman tarkoin säilynyt.

Edellisessä menetelmässä kuivattu ja pulverisoitu maa pakataan tavalla tai toisella tiiviiksi määrätyn suuruisen volyymin käsittävässä laitteessa. Täten ovat menetelleet SCHÜBLER, HEINRICH, WOLFF, WOLLNY, LIEBENBERG, MITSCHERLICH (34; 1914; 364), KRÜGER (35; 1921; 212—216) jne.

Ilmeisesti on aivan sattuman varassa, missä määrin tämä keinollinen maa vastaa alkuperäistä maata volyymipainolleen ja huokoi-

suudelleen, ja siten saatujen tulosten perusteella suoritetut laskelmat voivat tulla varsin virheellisiksi.

Useat maaperätutkijat m. m. Kopécky (19; 1914; 24, 25), Trnka (34; 1914; 363—380) ja yleensä ne, jotka volyymipainon määräyksessä käyttävät edellä esitettyä toista menetelmää, ovatkin tästä jo huomauttaneet.

Toisessa menetelmässä, jossa maan tulee struktuurilleen pysyä entisellään, on vaikeuksia jo itse näytteen otossa. Käytännössä onkin tässä suhteessa varsin monta eri menettelytapaa.

Ramann (36; 1911; 308) käytti näytteen otossa teräksistä sylinteriä, jonka halkaisija oli 10 cm ja korkeus 10 cm. Samantapaista laitetta Krauss käytti myöhemmin, mutta oli niitä kahta pienempäänkin kokoa; toisessa oli halkaisija 44 mm ja korkeus 66 mm sekä toisessa 66 ja 96 mm; muotti painetaan maahan tammista kantta käyttäen (8; 1928; 40). Näytteen kokoonpuristumisvaara on erittäinkin ottolaitteen korkeuden vuoksi suuri ja joka tapauksessa suurempi kuin seuraavassa Kopécky'n kojeessa.

Kopécky (19; 1914; 14—18) otti näytteet messinkirenkaisiin, joiden halkaisija oli joko 50.5 tai 80 mm ja korkeus joko 35 tai 40 mm, joten niiden kuutiosisältö oli 70 tai 200 cm^3. Kuten jo aikaisemmin (sivulla 27) olen maininnut, on Kopécky itse ja moni muu tutkija huomauttanut niistä vaikeuksista, mitkä aiheutuvat varsinkin pienempää muottia käytettäessä maan pyrkimyksestä painua kokoon näytettä otettaessa.

Myöskin Trnka (34; 1914; 368, 369) huomauttaa tästä. Virheen välttämiseksi hän (34; 1914; 373, 374) käytti yhdessä Slavikin kanssa keksimäänsä laitetta, jossa näytteenä voitiin käyttää minkä muotoista maapalaa tahansa; näytteen otto tällöin on varsin helppo vikuuttamatta struktuuria. Volyymin määrääminen tapahtuu tässä laitteessa mittaamalla sen syrjäyttämä vesi. Veden tunkeutuminen näytteeseen estetään parafinoimalla näyte; sitä varten näytteen pitää olla kuiva. Trnka pitääkin oikeana vain 100—110° C lämmössä kuivatun näytteen perusteella määrättyä volyymipainoa.

Kun useat maalajit kuivuessa kutistuvat, johtuu siitä, että täten saatu volyymipaino on suurempi kuin vastaavan suuruisen volyymin maapaino luonnossa, niinkuin hänen vertailunsa Kopécky'n menetelmään osottavatkin. Kuten tutkimuksistani myöhemmin selviää, saattaa ero painossa olla jopa enemmän kuin kolminkertainen. Täten Trnkan metodi menettää miltei kokonaan käytännöllisen merkityksensä. Sitäpaitsi repeytyvät useat maalajit halkeamiin ja monet hajoavatkin kuivuessaan, joten laitteen käyttö muutenkin olisi rajoitettu.

Steenstrup ja Frosterus (4; 1917; 20—22) sekä äskettäin myös Zunker (37; 1928; 528) käyttivät volyymipainomääräyksissä lait-

teita, jotka olivat tilavuudeltaan määrätyn suuruisia ja joissa maanäytteen volyymi laskettiin sen syrjäyttämästä elohopeamäärästä. Tällaisissa elohopean avulla tehdyissä määräyksissä näyte voi olla muodoltaan epämääräinen sekä sisältää vettäkin. Laitteen käyttö on rajoitettu sen vuoksi, että möyheissä ja helposti hajoavissa maissa määräystä ei voida suorittaa; myöskään maan luontainen, selvästi havaittava, huokoisuutta lisäävä rakoisuus ei tule volyymimääräyksessä täysin huomioon otettua.

Janert (38; 1927; 428—432) on maan vedenläpäiseväisyystutkimuksia varten suunnitellut kojeen, jota voidaan käyttää myöskin volyymimääräyksiä varten. Maan struktuuri kyllä rikkuu sillä näytettä otettaessa, mutta kun kuitenkin tiedetään kuinka suurta volyymia luonnossa näyte vastaa, ei se tee k. o. painon määräystä mahdottomaksi. Tämä volyymipora on 1.25 m pitkä, vahvasti nikkelöidystä, vedetystä teräsputkesta tehty, jossa ulkoinen halkaisija on 3.4 mm ja seinämävahvuus 1 mm. Tämän teräsputken sisässä on kierrepora, joka on muodoltaan tavallisen puusepän kairan tapainen. Kierreporan kierteet liukuvat tarkoin teräsputken sisäpintaa pitkin ja päättyvät alipäässään kahteen terään, jotka porattaessa ovat 2 mm ylempänä teräsputken terän kärkeä. Yleensä otetaan tällä poralla yksityiset näytteet 8—10 cm:n pituudelta. Tämän poran erikoisena etuna on, että sillä voidaan sopivasti saada yhtäjaksoisia näytteitä ja siis täydellinen kuva maaprofiilista; kuitenkaan sillä ei saavuteta juoksevan luontoisissa maissa virheettömiä tuloksia. Laite on myöhemmin keksitty kuin suoritin tämän tutkimukseni näytteiden oton eikä se kutistumistutkimuksen vuoksi olisi tarkoitukseen soveltunutkaan.

Edellä esittämilläni ja myös jo aikaisemmin sivuilla 27—29 mainitsemillani perusteilla en volyymimääräyksissä ole käyttänyt mitään mainituista kojeista. Näytteen otossa käyttämäni menettely on muuten lähinnä Ramann-Kopécky-Krauss-menetelmiä.

Koje, jolla näytteet otin, on selostettu sivulla 29 ja oli näytteiden korkeus: leveys: vahvuus = 20 : 10 : 5 cm ja siis sen volyymi = 1 litra = 1 000 cm^3.

Kuivumiskutistumisen yhteydessä jouduin myös määräämään näytteiden ilmakuivaa kosteustilaa vastaavan volyymin. Tätä vastaava volyymipaino lähentelee siis Trnkan käyttämää volyymipainoa.

Jos merkitsemme

G_0 = ottovolyymia vastaava kiinteitten maa-ainesten paino (kuivattuna 105—110° C lämmössä kuivauskaapissa) kg/dm^3,

G_1 = näytteen ilmakuiva paino kg/dm^3,

p = ilmakuivan näytteen kosteusprosentti määrättynä kuivauskaapissa 105—110° C,
niin on

$$G_0 = G_1 \times \frac{100 - p}{100}$$

G_0 vastaa paitsi näytettä otettaessa vallinneen 1 000 cm³:n suuruisen maavolyymin kiinteitten maa-ainesten painoa tosiasiassa myöskin kuivauksessa näytteeseen vielä jäänyttä veden ja näytteen maaveteen liuenneiden suolojen painoa. (Osa näistä suoloista on voinut kyllä huuhtoutua läpäisykokeissa maasta pois.)

Kun näytteen ottovolyymi oli 1 000 cm³ ja jos merkitsemme
V_i = näytteen ilmakuivaa kosteustilaa vastaava volyymi cm³ ja
G_i = näytteen ilmakuivaa 1 000 cm³:n suuruista volyymia vastaava maa-ainesten paino kg,
niin on:

$$G_i = \frac{G_0}{V_i} \times 1\,000.$$

G_i vastaa kysymyksessä olevan maalajin maa-ainesten maksimivolyymipainoa.

Taulukossa VII näkyvät eri näytteiden G_0 ja G_i painot.

Maan ominaispaino t. s. maan kiinteitten aineosasten paino ilman ulkoista huokoisuutta katsotaan tärkeäksi tuntea pääasiassa vain maan huokoisuuden määräämistä varten. ZUNKER on kuitenkin esittänyt (116; 1923; 193—201 ja 8; 1928; 83—87), että maan ominaispaino on määrätyllä tavalla suhteellinen m. m. hygroskooppisuuteen ja kostumislämpöön; hygroskooppisuuteen nähden hän on laatinut kaavan:

$$s = 2.652 + 0.01167\ w,$$ jossa
s = maan ominaispaino ja
w = maan hygroskooppisuus.

Toisin sanoen mitä korkeampi on hygroskooppisuus, sitä korkeampi on myös ominaispaino ja kun hygroskooppisuus kivennäismaissa on sitä korkeampi, mitä enempi maa sisältää hienompia hiukkasia, niin on ominaispaino myös sitä korkeampi, mitä enempi maa sisältää hienoja hiukkasia.

Tämän ilmiön hän selittää siten, etteivät tiivistyneet nestekalvot ympäröi maahiukkasia vain ilmassa ja höyryssä, vaan myöskin itse nesteessä, ja maahiukkasten välinen huokoisto täyttyy osittain myös tiivistyneellä nesteellä. Ominaispainomääräyksessä painaa pyknometrin täyttövesi tämän veden osittaisen tiivistymisen

Taulukko VII. **Tabelle VII.**

Näytteen N:o Probe	Kiinteiden maa-ainesten paino 1 dm³ kohti Otettaessa Bei der Entnahme G_0 kg	Kiinteiden maa-ainesten paino 1 dm³ kohti Ilmakuiv. In lufttrockenem Zustand G_1 kg	Spesifikpaino Spez. Gewicht	Huokoisuus Porosität Otettaessa Bei der Entnahme %	Huokoisuus Porosität Ilmakuiv. In lufttrockenem Zustand %	Näytteen N:o Probe	Kiinteiden maa-ainesten paino 1 dm³ kohti Otettaessa Bei der Entnahme G_0 kg	Kiinteiden maa-ainesten paino 1 dm³ kohti Ilmakuiv. In lufttrockenem Zustand G kg	Spesifikpaino Spez. Gewicht	Huokoisuus Porosität Otettaessa Bei der Entnahme %	Huokoisuus Porosität Ilmakuiv. In lufttrockenem Zustand %
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1_{I}	1.1051	1.1530	2.520	56.15	54.22	3_{I}	1.1430	1.2730	2.502	54.30	49.10
1_{II}	1.2500	1.2818	2.633	52.70	51.31	3_{II}	1.4120	1.4190	2.607	45.85	45.57
1_{III}	1.4656	1.4656	2.686	45.43	45.43	3_{III}	1.4420	1.4420	2.516	42.70	42.70
1_{IV}	1.5258	1.5258	2.725	44.00	44.00	3_{IV}	1.5350	1.5820	2.621	41.45	39.67
1_{V}	1.5667	1.5667	2.706	42.10	42.10	3_{V}	1.4765	1.4918	2.704	45.40	44.86
1_{VI}	1.5219	1.5219	2.713	43.87	43.87	3_{VI}	1.4130	1.4860	2.799	49.58	46.93
2_{I}	1.1752	1.4462	2.547	53.85	43.20	4_{I}	1.1973	1.3472	2.4960	52.00	46.00
2_{II}	1.4122	1.6048	2.613	45.95	38.62	4_{II}	1.5180	1.6390	2.575	41.08	36.35
2_{III}	1.4642	1.7078	2.576	43.18	33.70	4_{III}	1.6935	1.8390	2.596	34.75	29.15
2_{IV}	1.5364	1.6590	2.663	42.32	37.72	4_{IV}	1.6351	1.7832	2.662	38.55	33.00
2_{V}	1.5797	1.7073	2.613	39.57	34.67	4_{V}	1.4720	1.6300	2.715	45.80	40.00
2_{VI}	1.5129	1 6925	2.682	43.60	36.90	4_{VI}	1.5960	1.7122	2.697	40.84	36.50
5_{I}	1.1778	1.3080	2.527	53.37	51.78	6_{I}	1.2874	1.4872	2.695	52.23	44.80
5_{II}	1.6230	1.7270	2.634	38.40	34.47	6_{II}	1.4360	1.5815	2.663	46.10	40.63
5_{III}	1.5198	1.5830	2.647	42.60	40.20	6_{III}	1.4880	1.5418	2.678	44.42	42.42
5_{IV}	1.3154	1.6200	2.748	52.12	41.02	6_{IV}	1.6582	1.6582	2.607	36.38	36.38
5_{V}	1.3484	1.6500	2.729	50.60	39.53	6_{V}	1.4446	Hajosi	2.657	45.65	—
5_{VI}	1.4248	1.6348	2.700	47.25	39.47	6_{VI}					
7_{I}	0.9934	1.1715	2.489	60.08	52.92	8_{I}	1.0194	1.1730	2.559	60.15	54.14
7_{II}	1.3262	1.4750	2.625	49.48	43.85	8_{II}	1.0733	1.1822	2.623	59.08	54.94
7_{III}	1.2887	1.3650	2.680	51.92	49.09	8_{III}	1.2315	1.2825	2.696	54.30	52.42
7_{IV}	1.2736	1.3712	2.721	53.22	49.61	8_{IV}	1.1716	1.2518	2.708	56.74	53.78
7_{V}	1.1601	1.2920	2.698	57.00	52.14	8_{V}	1.1704	1.2625	2.698	56.60	53.20
7_{VI}	1.1591	1.2980	2.686	56.85	51.66	8_{VI}	1.0665	1.2588	2.697	60.46	53.35
9_{I}	0.9778	1.3000	2.444	60.00	46.84	10_{I}	1.1131	1.1660	2.574	56.76	54.70
9_{I}	1.2391	1.3665	2.506	50.57	45.47	10_{II}	1.6520	1.6860	2.732	39.57	38.33
9_{III}	1.2163	1.3265	2.596	53.14	48.90	10_{III}	1.5941	1.6150	2.723	41.50	40.71
9_{IV}	1.1480	1.2790	2.516	54.37	49.18	10_{IV}	1.6164	1.6380	2.752	41.27	40.44
9_{V}	1.2990	1.4015	2.655	51.08	47.23	10_{V}	1.6187	1.6235	2.723	40.57	40.40
9_{VI}	1.6342	1.7625	2.717	39.82	35.10	10_{VI}	1.5664	1.5823	2.656	41.08	40.45
11_{I}	1.1430	1.2308	2.622	56.40	53.06	12_{I}	1.3083	1.3905	2.550	48.68	45.48
11_{II}	1.5048	1.6080	2.744	45.18	41.40	12_{II}	1.5101	1.5485	2.693	43.94	42.53
11_{III}	1.6043	1.6110	2.700	40.60	40.35	12_{III}	1.6498	1.7095	2.706	39.07	36.85
11_{IV}	1.6118	1.6530	2.722	40.77	39.27	12_{IV}	1.6225	1.6642	2.683	39.52	37.98
11_{V}	1.5744	1.5935	2.727	42.27	41.56	12_{V}	1.5079	1.5865	2.723	44.62	41.74
11_{VI}	1.5828	1.6070	2.751	42.47	41.60	12_{VI}	1.5408	1.5804	2.748	43.92	42.48
13_{I}	1.4518	1.6236	2.614	44.48	37.90	14_{I}	1.0472	1.2880	2.515	58.36	48.80
13_{II}	1.4789	1.7820	2.696	45.14	33.92	14_{II}	1.2568	1.4580	2.566	51.04	43.10
13_{III}	1.4684	1.6860	2.727	46.14	38.18	14_{III}	1.2857	1.4700	2.6590	51.64	44.72
13_{IV}	1.4308	1.6167	2.725	47.50	40.70	14_{IV}	1.2647	1.5472	2.5990	51.35	40.47
13_{V}	1.3677	1.6640	2.712	49.58	38.65	14_{V}	1.2803	1.5593	2.6770	52.17	41.76
13_{VI}	1.4240	1.5680	2.721	47.68	42.40	14_{VI}	1.2746	1.5950	2.7560	53.76	42.13

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
15_{I}	0.9526	1.2370	2.018	52.78	38.70	16_{I}	1.1078	1.3940	2.553	56.62	45.42
15_{II}	1.3510	1.7255	2.692	49.82	35.92	16_{II}	1.2383	1.6528	2.764	55.22	40.22
15_{III}	1.3838	1.7975	2.663	48.08	32.50	16_{III}	1.1516	1.5995	2.786	58.67	42.60
15_{IV}	1.3126	1.8012	2.727	51.84	33.92	16_{IV}	1.1650	1.4902	2.657	56.15	43.92
15_{V}	1.1136	1.6160	2.744	59.42	41.11	16_{V}	1.1493	1.5119	2.718	57.72	44.38
15_{VI}	1.0258	1.6520	2.702	62.87	38.90	16_{VI}	1.0361	1.5585	2.758	62.45	43.48
17_{I}	0.9388	1.1420	2.519	62.73	54.33	18_{I}	1.1665	1.4050	2.522	53.76	44.30
17_{II}	1.3700	1.5690	2.707	49.40	42.07	18_{II}	1.2163	1.6433	2.685	54.70	38.80
17_{III}	1.3082	1.6292	2.729	52.05	40.30	18_{III}	1.2251	1.6716	2.789	56.07	40.10
17_{IV}	1.3038	1.5510	2.724	52.14	43.10	18_{IV}	1.1398	1.5550	2.805	59.38	44.57
17_{V}	1.2945	1.5190	2.758	53.07	44.92	18_{V}	1.0119	1.4052	2.787	63.70	49.55
17_{VI}	1.2057	1.4740	2.745	56.08	46.32	18_{VI}	1.0650	1.5148	2.812	62.12	46.14
19_{I}	1.0226	1.2660	2.527	59.50	49.90	20_{I}	1.0196	1.2155	2.623	61.14	53.67
19_{II}	1.2136	1.6025	2.731	55.55	41.32	20_{II}	1.1520	1.5980	2.752	58.17	41.95
19_{III}	1.1758	1.6270	2.764	57.47	41.15	20_{III}	1.1270	1.6625	2.756	59.11	39.68
19_{IV}	1.2082	1.6090	2.749	56.05	41.47	20_{IV}	1.1253	1.6078	2.755	59.15	41.64
19_{V}	1.1640	1.5560	2.784	58.20	44.14	20_{V}	1.1555	1.5980	2.739	57.78	41.62
19_{VI}	1.1435	1.5818	2.775	58.78	43.00	20_{VI}	1.0535	Hajosi	2.778	62.06	–
21_{I}	1.0705	1.2910	2.516	57.45	48.70	22_{I}	0.9417	1.1246	2.423	61.14	53.58
21_{II}	1.2180	1.5577	2.760	55.86	43.55	22_{II}	0.9139	1.2066	2.622	65.15	53.97
21_{III}	1.2890	1.6850	2.798	53.93	39.78	22_{III}	0.7823	1.2015	2.664	63.86	54.90
21_{IV}	1.1865	1.6682	2.797	57.60	40.38	22_{IV}	0.7524	1.3318	2.609	64.30	43.94
21_{V}	1.1214	1.5535	2.796	59.88	44.46	22_{V}	0.7141	1.2640	2.710	67.67	43.34
21_{VI}	1.0693	1.4810	2.812	61.97	47.35	22_{VI}					
23_{I}	0.7718	0.8464	2.278	66.12	62.84	24_{I}	0.8740	1.0307	2.428	64.00	57.52
23_{II}	0.8571	0.9840	2.702	68.27	63.57	24_{II}	0.8854	1.1310	2.552	65.30	55.70
23_{III}	0.7826	1.0385	2.606	69.96	60.15	24_{III}	0.8737	1.2255	2.665	67.23	54.02
23_{IV}	0.6762	1.0960	2.612	74.10	58.05	24_{IV}	0.8080	1.2568	2.645	69.46	52.50
23_{V}	0.6162	1.1824	2.671	76.93	55.73	24_{V}	0.6117	1.1605	2.556	76.07	54.60
23_{VI}	0.5298	1.2500	2.599	79.61	51.90	24_{VI}	0.5695	1.3625	2.508	77.29	45.66
25_{I}	0.5642	0.6585	2.164	73.94	69.58	26_{I}	0.3360	0.6747	2.174	84.55	68.96
25_{II}	0.5748	0.7800	1.789	67.86	56.41	26_{II}	0.2996	0.7745	1.984	84.90	60.95
25_{III}	0.6492	1.0768	2.510	74.13	57.08	26_{III}	0.6284	1.2520	2.387	73.66	47.56
25_{IV}	0.8107	1.2910	2.572	68.47	49.82	26_{IV}	0.6861	1.5420	2.688	74.47	42.62
25_{V}	0.6607	1.5660	2.782	76.25	43.72	26_{V}	0.6385	1.5460	2.763	76.89	44.08
25_{VI}	0.6878	1.6490	2.794	75.38	41.00	26_{VI}	0.6039	1.5130	2.738	77.94	44.72
25_{VII}	0.8161	1.6762	2.733	70.27	38.68						
27_{I}	0.1590	0.6883	1.678	90.52	58.96	28_{I}	0.2216	0.3826	1.672	86.75	61.75
27_{II}	0.1545	0.6080	1.407	89.02	56.78	28_{II}	0.1366	0.2882	1.211	88.72	76.20
27_{III}	0.1741	0.6330	1.594	89.80	60.27	28_{III}	0.1615	0.4295	1.345	87.99	68.07
27_{IV}	1.3755	1.6610	2.701	49.10	38.53	28_{IV}	0.1347	0.2732	1.087	87.61	74.86
27_{V}						28_{V}	0.1203	0.4442	1.297	90.74	65.73
27_{VI}						28_{VI}	0.1443	0.6472	1.429	89.90	54.70
29_{I}	0.2833	0.4378	1.37			30_{I}	0.2288	0.4078	1.97		
29_{II}	0.1950	0.3693	1.55			30_{II}	0.2528	0.5733	1.57		
29_{III}	0.1293	0.3186	1.59			30_{III}	0.1181	0.3166	1.55		
29_{IV}	0.1055	0.3317	1.61			30_{IV}	0.1096	0.2653	1.52		
29_{V}	0.1184	0.3797	1.67			30_{V}	0.0933	0.2020	1.45		
29_{VI}						30_{VI}	0.1053	0.2331	1.49		

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
31_{I}	0.1746	0.3325	1.55			32_{I}	0.093				
31_{II}	0.1640	0.3597	1.58			32_{II}	0.095				
31_{III}	0.1246	0.3367	1.54			32_{III}	0.100				
31_{IV}	0.0987	0.3267	1.55			32_{IV}	0.114				
31_{V}	0.0815	0.2870	1.57			32_{V}	0.125				
31_{VI}	0.1123	0.2790	1.60			32_{VI}	0.089				
33_{I}						34_{I}					
33_{II}						34_{II}					
33_{III}						34_{III}					
33_{IV}						34_{IV}					
33_{V}						34_{V}					
33_{VI}						34_{VI}					

vuoksi enemmän, kuin laskelmissa otetaan huomioon, kun niissä käytetään vain tavallista veden tiheyttä.

Tämä ajatus perustuu siihen edellytykseen, että eri maalajit mineraaliseen kokoomukseensa nähden ovat yhtäläisiä, sillä eri mineraalien ominaispainot ovat varsin poikkeavia toisistaan.

Niinpä on (36; 1911, 316):

maasälvän ja kvartsin ominaispaino	.....	2.5—2.8
kalkkisälvän »	.....	2.6—2.8
kloriitin »	.....	2.7—3.0
dolomiitin »	.....	2.8—3.0
kiilteen »	.....	2.8—3.2
sarveisvälkkeen »	.....	2.9—3.4
augiitin »	.....	3.2—3.5
rautaoksidihydraatin »	.....	3.73

Hyvin yleisesti käytetyn ja m. m. MITSCHERLICHin (40; 1920; 18—21) esittämän tavan mukaan määrätään maan ominaispaino seuraavalla tavalla:

Ensinnä määrätään pyknometrin paino tulppineen, joka tulppa on ohuesti parafinoitu. Sen jälkeen täytetään pyknometri hyvin kiehutetulla vedellä, joka lämpimyydeltään vastaa tavallista huonelämpöä, tulppa pannaan paikoilleen ja pyknometrissä olevan määrämerkin ylitse noussut vesi poistetaan imupaperin tai metallilangan avulla. Tällöin on tarkoin pidettävä huoli siitä, ettei ilmakuplia jää tulpan yhteyteen. Jos vedenpinta 10 minuutin perästä pyknometrin vaa'alle asetuksen jälkeen on vielä sama, punnitaan se. Sitten puhdistetaan ja kuivataan pyknometri, tulppa parafinoidaan uudelleen ohuesti, punnitaan jälleen ja täytetään sen jälkeen likipitäen puolilleen tutkittavalla ilmakuivalla maalla, jonka maan kosteus-

pitoisuus w on tunnettu. Pyknometri maineen punnitaan, saadusta painosta vähennetään tyhjän pyknometrin paino ja lasketaan sen jälkeen näytteen kuivan aineen määrä vähentämällä maan painosta ilmakuivan kosteuden w:n paino-osuus. Sitten kaadetaan pyknometriin tislattua vettä, kunnes se peittää maata n. 2—3 mm:n vahvuisena kerroksena, ja evakuoidaan ilmaa astiasta puolen tunnin ajan uusien tämän jälleen astian vedellä täytön jälkeen, niin että ilma poistuu maasta ja vedestä tarkoin.

Astian kevyt huiskuttaminen ja naputtelu evakuoitaessa on tarpeen. Lopuksi astia täytetään tarkoin kiehutetulla vedellä, parafinoitu tulppa pannaan paikoilleen ja menetellään edelleen kuten ennenkin.

Jos merkitsemme

P = pyknometrin paino tyhjänä,
W = » » täynnä vettä,
M = » » maineen,
W_m = » » maineen ja vesineen,
s = maan spesifikipaino,
p = maanäytteen ilmakuivakosteus paino-%,

niin on

$$s = \frac{(M - P) \times \frac{100 - p}{100}}{(W - P) - \left[W_m - \left(M - (M - P) \times \frac{p}{100}\right)\right]}$$

Kopécky (19; 1914; 25, 26) kuivaa maanäytteen ensinnä 100°:ssa C ja kiehuttaa sitä sitten tislatussa vedessä poistaakseen siten ilmakuplat; sen sijaan hän ei evakuoi ilmaa pyknometristä.

Albert ja Bogs (41; 1914; 196—198) pitivät edellä esitettyjä ominaispainon määräystapoja hankalina ja aikaa vaativina; tämän vuoksi he ottivat käytäntöön v. Wrochem-menetelmän. Tämä menetelmä perustuu siihen, että pulverimaiset ja täysin kuivat aineet sangen helposti ja nopeasti vapautuvat tärpättiöljyssä niitä ympäröivästä ilmasta, joten evakuoiminen ja keittäminen tulevat tarpeettomiksi.

Krüger (42; 1916; 152—158) huomauttaa edellä esitetyistä menetelmistä, että niissä vedellä maineen tulee olla tarkalleen sama lämpö kuin vedellä oli ensipunnituksessa. Ellei asia näin ole, on vedellä molemmissa punnituksissa erilainen tiheys, ja myöskin pyknometrin tilavuus muuttuu lämmön mukaisesti, joista seikoista luonnollisesti johtuisi virheellisyyksiä itse tulokseen.

Pyknometrin tilavuusmuutoksia varten hän johti seuraavan kaavan:

$R_t = R_4 [1+\alpha_r (t—4)]$ ja edelleen pyknometrin sisältämän vesimäärän painonmuutoksia varten seuraavan kaavan:

$W_t = R_4 d_t \times [1 + \alpha_r (t—4)]$, joissa
R_t, R_4 = pyknometrin tilavuus t° ja 4°:n lämmössä,
W = pyknometrin vetämän veden paino,
d_t = veden tiheys t°:n lämmössä,
α_r = lasin laajennuskoefficientti, joka on $\triangle$ t° = 1° lämpömuutosta kohti = 0.000024.

Spesifikipainon laskemisessa hän käytti kaavaa:

$$s = \frac{b\,d_t}{k \times R_4 \times d_t - (P - p - b)},$$ jossa

b = maan kuivapaino,
k = 1 + 0.000024 (t—4),
P = pyknometrin paino maineen ja vesineen eli siis = p+b+W,
p = pyknometrin paino.

Laskelmien helpottamiseksi saadaan seuraavasta taulukosta VIII suoraan arvot k ja d sekä k × d (42; 1916; 155).

Taulukko VIII. **Tabelle VIII.**

t	k	d	k × d
4	1.000000	1.000000	1.000000
14	1.000240	0.99927	0.99951
15	1.000264	0.99912	0.99938
16	1.000288	0.99897	0.99926
17	1.000312	0.99880	0.99911
18	1.000336	0.99862	0.99896
19	1.000360	0.99842	0.99878
20	1.000384	0.99823	0.99861
21	1.000408	0.99801	0.99842
22	1.000432	0.99780	0.99823
23	1.000456	0.99756	0.99801
24	1.000480	0.99732	0.99780
25	1.000504	0.99705	0.99755

Krüger piti kolloidisia aineksia sisältävien maiden keittämistä ja kuivausta ennen punnitusta pyknometrissä virheellisenä. Hän evakuoi ilmapumpun avulla ilmakuplat pois ja vasta pyknometripunnitusten jälkeen kuivasi ja punnitsi ominaispainomääräyksessä käytetyn maanäytteen painon.

Kieltämättä Krügerin menetelmä on varsin oikea. Että hän jätti huomioon ottamatta maanäytteen volyymimuutokset eri lämmössä, ei sanottavasti vaikuta asiaan.

Kuinka suuria eroja laskelmatapain perusteella syntyy näissä eri menetelmissä, näkyy seuraavista esimerkeistä.

Pyknometri painoi vettä täynnä 19°:ssä C 75.278 gr ja pyknometri yksin 25.407 gr t. s.

$W_{19} = 49.871$ gr ja kun d_{19} otetaan huomioon, saadaan:

$$R_{19} = \frac{49.871}{0.99842} = 49.950 \text{ cm}^3 \text{ ja}$$

$$R_4 = R_{19}\,[1 - 0.000024\,(19 - 4)] = 49.932 \text{ cm}^3$$

Kun esim.

$$p + b = 41.444$$
$$p + b + W_{15.9} = 84.980, \text{ niin}$$
$$b = 41.444 - 25.407 = 16.037 \text{ ja}$$

Krügerin mukaan:

$$s = \frac{16.037 \times 0.998986}{1.0002856 \times 49.934 \times 0.998986 - (84.980 - 41.444)}$$

$$= \frac{16.0207}{49.898 - 43.536} = \frac{16.0207}{6.362} = 2.518$$

ja tavallisesti käytetyn menetelmän mukaan:

$$s = \frac{16.037}{49.871 - (84.980 - 41.444)} = \frac{16.037}{6.335} = 2.531$$

sekä kun veden muuttuva tiheys vain otetaan huomioon:

$$s = \frac{16.0207}{49.950 \times 0.998986 - 43.536} = 2.518$$

Jos taasen otetaan:

$$p + b = 37.944$$
$$p + b + W_{24} = 83.213$$
$$b = 37.944 - 25.407 = 12.537 \text{ ja}$$

Krügerin mukaan saadaan:

$$s = \frac{12.537 \times 0.997323}{49.934 \times 0.99780 - (83.213 - 37.944)} = \frac{12.5034}{49.8241 - 45.269}$$

$$= \frac{12.5034}{4.5551} = 2.745$$

ja tavallisesti käytetyn tavan mukaan:

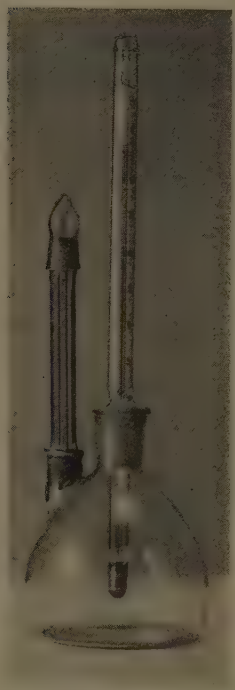
$$s = \frac{12.537}{49.871 - 45.269} = \frac{12.537}{4.602} = 2.724$$

sekä kun veden muuttuva tiheys vain otetaan huomioon:

$$s = \frac{12.5034}{49.950 \times 0.997323 - 45.269} = \frac{12.5034}{49.8163 - 45.269}$$

$$= \frac{12.5034}{4.5473} = 2.749$$

Vaikkakin ero ominaispainossa on varsin huomattava eri laskumenetelmiä käytettäessä, ei siitä kuitenkaan tutkimuksissani olisi huokoisuuteen nähden aiheutunut kuin vähän yli 1.0 %:n maksimiero. Kuten laskelmista havaitaan, jää ero varsin pieneksi otettaessa tai jätettäessä huomioon ottamatta pyknometrin tilavuusmuutokset. Tutkimieni maiden ominaispainojen laskemisessa otinkin huomioon vain veden tiheyden muutokset ja käytin siinä Thiesen, Scheelin ja Diesselhorstin määräämiä arvoja (43; 1905; 37).



Kuva 25.

Määräykset suoritettiin Kopécky'n esittämällä tavalla, paitsi että näytemaata, joka oli ilmakuivaa, ei kuivattu kuivauskaapissa. Pyknometri oli lämpömittarilla varustettu ja sen tilavuus likipitäen 50 cm³, kuva 25.

Humusmaissa ei ilmaa voitu tällä tavoin tarkoin poistaa, vaan suoritettiin ominaispainomääräys siten, että näytettä ensin lämmitettiin vesihauteella siksi, kun siitä ei enää ilmaa poistunut ja näyte vesineen kaadettiin pyknometriin ja evakuoitiin.

Taulukossa VII näkyvät eri näytteiden saadut ominaispainot.

Kirsikyhmystä Jämsästä otetun maanäytteen ominaispaino oli 2.709.

Eri fraktioihin nähden suoritetussa tutkimuksessa sain ominaispainot seuraaviksi:

hiekassa	(2.0 —0.2)	2.640
hiedassa	(0.2 —0.02)	2.639
hiesussa	(0.02—0.002)	2.687
savessa	(< 0.002)	2.700

Aarnio (3; 1916; 38—42 ja 12; 1920; 17—27) ja Frosterus (4; 1917; 52—57) ovat määräyksissään saaneet seuraavassa taulukossa IX näkyviä ominais- ja tilavuuspainoja:

Taulukko IX. **Tabelle IX.**

Näyte Probe	Horisontti Bodenhorizont	Syvyys cm:ssä pinnasta Tiefe in cm von der Oberfläche	Ominaispaino Spezifisches Gewicht	Tilavuuspaino Volumgewicht kg/dm³	Vesikapasiteetti Wasserkapazität vol. %	Huokoisuus Porozität vol. %	Vastaa tutkimuksen näytettä Analog der Probe meiner Untersuchung N:o
1	2	3	4	5	6	7	8
Aarnio; Immola:							
60 Hieta	B	25.5—29	2.63	1.35	42.48	48.66	1—4
	C	80.5—84	2.62	1.68	21.93	35.92	
71 »	B	28.5—32	2.61	1.60	30.87	38.73	
	C	68.5—72	2.65	1.56	31.98	41.13	
58 Savihieta	B	28.5—32	2.65	1.62	37.19	38.87	6, 9
	C	59.5—63	2.62	1.58	39.48	37.71	
70	B	28.5—32	2.62	1.67	29.74	36.26	
	C	68.5—72	2.55	1.61	35.24	36.86	
119 Hietasavi	B	17—20.5	2.62	1.25	39.22	52.29	10—21
	C	50—53.5	2.64	1.63	38.91	38.29	
68 Savi	B	28.5—32	2.44	1.54	37.84	36.88	
	C	62.5—66	2.64	1.58	39.19	40.17	
69 »	B	28.5—32	2.63	1.52	40.30	42.58	
	C	68.5—72	2.56	1.51	38.97	41.40	
56 »	G	31.5—35	2.60	1.46	52.62	43.84	
	C	68.5—72	2.52	1.39	43.76	41.27	
Aarnio; Mustiala:							
Hiekka H2	A	3.5—7	2.58	1.34	46.27	48.07	1, 2, 5_{I}—5_{III} 6_{IV}, 6_{V}
	B	55—58.5	2.66	1.39	32.67	47.74	
	C	112—115.5	2.68	1.49	39.13	44.65	
Hieta L 5	B	8.5—12	2.65	1.19	53.26	55.09	3—4
	G	33.5—37	2.72	1.71	47.04	37.13	
	C	105—108.5	2.72	1.91	49.58	29.77	6_{I}—6_{III}
Savi K 5	A_1	5—8.5	2.61	1.14	54.67	56.32	16—21
	A_2	23.5—27	2.72	1.57	43.36	42.28	
	C	110—113.5	2.72	1.54	41.28	43.38	
Savi K 6	Turve	10—13.5	1.74	0.22	78.27	87.35	28—30
	Pikimaa	28.5—32	2.47	0.82	63.64	66.80	
	A_2	45—48.5	2.69	1.55	43.76	43.18	16—21
	G	60—63.5	2.81	1.15	59.73	57.07	
	C	110—113.5	2.79	1.16	60.51	58.78	
Rahka K 9		13.5—17	—	0.52	75.69	—	32—34
		110—113.5	—	0.14	94.63	—	
Frosterus; Gumnäs—Odnäs:							
Ruskea hiekka I g	B	22	—	1.13	40.80	56.53	1, 2, 3_{I}—3_{IV} 4_{I}—4_{IV}, 6_{II}—6_{V}
Keltainen »	B_1	54	—	1.44	36.19	45.33	
Harmaa »	C	120	—	1.54	—	41.66	
Odnäs I b		15—20	—	1.56	—	40.71	10—14
		30—40	—	1.65	—	37.26	10—14
Odnäs I d		24—28	—	1.31	43.12	50.86	22—24
		32—37	—	1.05	51.03	60.39	
		37—40	—	1.17	52.09	55.51	
		63—68	—	1.04	52.14	61.00	
		68—71	—	0.86	55.40	67.38	
		87—90	—	0.72	64.61	72.93	

Aarnio käytti tutkimuksissaan Kopécky'n kojetta ja Frosterus itse keksimäänsä elohopean syrjäyttämiseen perustuvaa kojetta (4; 1917; 22).

8. *Maan huokoisuus.*

Maan huokoisuus riippuu sen rakenteesta (struktur). Tämä rakenne saattaa olla joko yksinäishiukkasinen, jolloin jokainen maahiukkanen on erillinen tekijä maassa, tahi muruinen, jolloin useammat hiukkaset ovat ryhmittyneet muruiksi (tai aggregoituneet) ja tämä muru sitten muodostaa yhteisen tekijän maassa. Sitä paitsi saattaa maassa esiintyä sekundäärisiä kivettymiä palsimuodostumina.

Huokoisuuteen on lisäksi suuressa määrin vaikuttamassa, mikä keskinäinen asenne maahiukkasilla toisiinsa nähden on maassa.

Jos otaksumme, että maahiukkaset ovat aivan pyöreitä palloja ja niiden halkasijat 1, 0.1, 0.01 ja 0.001 mm, on yhden hiukkasen tilavuus, kun pallon kuutiosisältö on $^4/_3 \pi r^3$, 523.6×1000^{-1}, $523.6 \times 1\,000^{-2}$, $523.6 \times 1\,000^{-3}$ ja $523.6 \times 1\,000^{-4}$ mm³. Edelleen, jos nämä hiukkaspallot ovat asettuneet siten, että niiden keskipisteet ovat toisiaan vastaan kohtisuorilla pinnoilla on yhdessä (1) cm³:ssä = 1 000 mm³:ssä:

1	mm	hiukkaspalloja	.....	1 000	kpl.
0.1	»	»	.....	$1\,000^2$	»
0.01	»	»	.....	$1\,000^3$	» ja
0.001	»	»	.....	$1\,000^4$	»

sekä niiden kiintotilavuus 1 cm³:ssä:

$$1\,000 \times 523.6 \times 1\,000^{-1} = 523.6 \text{ mm}^3$$
$$1\,000^2 \times 523.6 \times 1\,000^{-2} = 523.6 \quad »$$
$$1\,000^3 \times 523.6 \times 1\,000^{-3} = 523.6 \quad »$$

jne.

Huokoistilavuudeksi jää siis, kun 1 cm³ = 1 000 mm³, 1 000 — 523.6 = 476.4 mm³ eli 47.64 % hiukkassuuruudesta riippumatta ja on hiukkasten keskinäinen asenne tällöin hàrvin.

Tiivein asenne on hiukkasilla silloin, kun kukin niistä on asettunut kolmen toisiinsa koskettavan hiukkaspallon lomaan. Hiukkaset muodostavat tällöin romboedrisia ryhmiä, joissa särmäin pituudet ovat 2 r. Romboedrin tilavuus on $= 2\,(^2/_3 r^3 \sqrt{2}) + {}^8/_3 r^3 \sqrt{2} = 5.657\, r^3$. Kun pallon tilavuus on $4.189\, r^3$, on huokoistila romboedrissa $1.468\, r^3$ eli 25.95 % (24; 1920; 82). Yhdessä cm³:ssä = 1 000 mm³ on tällöin:

1	mm hiukkaspalloja	.....	1 414 kpl.
0.1	» »	.....	1 414 248 »
0.01	» »	.....	1 414 247 517 »
0.001	» »	.....	1 414 247 517 188 »

Kuten edellä olevasta näkyy, ei huokoistilavuuteen siis vaikuta hiukkasten suuruus, kun niiden asema toisiinsa nähden vain on sama. Sensijaan saattaa, irtohiukkasten keskinäisestä asenteesta riippuen, vaikka hiukkaset olisivat samansuuruisiakin, huokoistilavuus vaihdella 25.95—47.64 %. Kun hiukkaset muodoltaan voivat olla varsin erilaisia, saattaa niiden keskeinen asennekin olla mitä moninaisin ja sen vuoksi huokoisuuskin olla edellä esitettyä pienempi tai suurempikin. Kun lisäksi otetaan huomioon toisaalta, että maassa voivat hienommat hiukkaset asettua tiiviimmässäkin hiukkasasenteessa isompien hiukkasten lomiin ja toisaalta hiukkaset voivat aggregoitua muruiksi ja vasta näillä muruilla olla keskinäiset kosketuspintansa, niin käynee selville, että huokoisuuden alinta ja korkeinta rajaa on teoreettisesti mahdoton määrätä. Sitä paitsi ovat humusaineet sisäisine solustohuokosineen aivan erikoisella tavallaan vaikuttamassa maan huokoisuusprosenttiin humusmaissa ja kivennäismaitten ruokamultakerroksessa. Voi olla myöskin, että erinäisissä olosuhteissa kiinteät hiukkaset eivät pääse koskettamaan toisiaan, vaan maanesteet pitävät niitä erillään lisäten maan huokoisuutta.

Jos merkitsemme

s = maa-aineisten spes. paino,
G_0 = määrä volyymin maa-aineisten paino,
H = huokoisuus %:ssa, niin

$$H = \frac{s - G_0}{s} \times 100$$

Kuten edellä on jo selostettu, kutistuvat useat maat kuivuessaan huomattavasti. Tällöin siis näiden huokoisuus pienenee, koska kiinteitten maa-ainesten määrä pysyy entisellään. Taulukossa VII näkyy huokoisuusprosentti luontaista volyymia sekä kutistunutta volyymia kohti.

Aarnion (3; 1916; 38—42 ja 12; 1920; 17—27) ja Frosteruksen (4; 1917; 52—57) aikaisemmin suorittamissa määräyksissä on saatu taulukossa IX näkyviä arvoja. Kuten edellä jo on mainittu, käytti Aarnio Kopécky'n menetelmää ja Frosterus omaa laitettaan volyymipainomääräyksessä.

9. *Maan vesikapasiteetti ja hygroskooppisuus.*

Maassa oleva vesimäärä on luonnossa varsin vaihteleva riippuen ilmastollisista olosuhteista ja olotilasta, maan laadusta ja maan asemasta seisovaan vesipintaan nähden.

Milloin maa on yhtämittaisesti ollut veden alla, ovat siinä olevat kolloidit täysin paisuneita ja vesi mahdollisimman ilmaköyhää ja huokostila vedellä täyttynyt; t. s. k. o. maa sisältää struktuuriinsa nähden mahdollisimman paljon vettä. Myöskin siinä maakerrostumassa on vesimäärä varsin runsas, missä vielä kaikki huokoset kuuluvat kapillaariseen vedennousupiiriin eikä haihdunta ylitä kapillaarista nousunopeutta.

Sen sijaan siellä, missä vain osa huokosista kuuluu kapillaariseen vedennousupiiriin taikka maa kokonaisuudessaan on tämän piirin yläpuolella tai maassa ei ole pohjavettä, siellä saattaa vesimäärä olla varsin vaihteleva. Vesimäärän suuruus tällaisissa maakerrostumissa riippuu pääasiassa ilmastollisista olosuhteista. Pitkäaikaisen poudan aikana ne saattavat kuivua niin, että ne sisältävät vain hygroskooppista kosteutta vastaavan määrän vettä; vieläpä erinäisissä olosuhteissa luonnossa saattaa tällaisen maan kosteus vastata likipitäen vain laboratorionäytteen ilmakuivaa kosteutta. Sateisina aikoina sen sijaan vettä voi pidättyä näihinkin maakerrostumiin varsin runsaasti.

Pidättyvä vesi on joko vajovettä, joka maan laadusta riippuen liikkuu hitaammin tai nopeammin syvempiin kerroksiin, taikka kapillaari- tai pintatartunta- eli adhesiovettä.

Nämä maakerrostumat eivät kuitenkaan aina saa vettään yksinomaan sateesta, vaan saattaa myöskin alempana olevasta kapillaarivedestä vesihöyrynä ylösnouseva vesi kondensoitua, samaten kuin ylempien maakerrosten kanssa kosketukseen tulevasta ilmasta ja pidättyä k. o. kerroksiin (45; 1927; 71).

Kuten jo aikaisemmin (sivu 31) mainitsin, punnitsin näytteet kehyksineen heti näytteen oton jälkeen sekä seisotettuna vedessä tai läpäisykokeessa veden alla.

Näytteen punnitus läpäisykokeen ja vedessä seisotuksen jälkeen tapahtui heti, kun veden valunta näytteestä oli lakannut ja kehys kuivattu; punnittaessa näyte oli syrjällään.

Sittemmin punnitsin näytteet ilmakuivina faneerialustoineen. Ilmakuivumisen katsoin edistyneen loppuun saakka silloin, kun näyte tavallisessa huoneilmassa (uunilämmitys) ja lämmössä 15—22° C vähintään seitsemään päivään ei yhtään pienentynyt. Suurinta osaa näytteistä säilytin sitä paitsi kokeeksi 24 tuntia suljetussa kammiossa,

missä oli 10 % rikkihappoa. Koskaan ei paino vähentynyt, mutta miltei poikkeuksetta hieman lisääntyi. Lisäys oli tavallisesti 0.03—0.1 suurimman lisäyksen ollessa komerosäilytyksessä huonesäilytykseen verrattuna 0.3—0.5 % ja esiintyi se näytteissä 15_{I-VI}. Tavallisessa huoneilmassa palautui paino entiselleen; suurin havaittu vaihtelu eri huonelämmöissä oli 0.05 %.

Sen jälkeen kuin näyte mekaanista maa-analyysiä ja spesifikipainon määräystä varten oli otettu, otettiin samalla tavalla veitsellä näytteen syrjästä koko näytteen pituudelta saman vahvuisena kerroksena maata myös poltto-analyysiä varten. Ilmakuivan kosteuden määräystä varten kuivattiin k. o. näyte kuivauskaapissa 105—110° C lämmössä. Jäähdytyksen jälkeen eksikkaattorissa punnittiin näytteet. Kun näytteen paino kahden peräkkäisen kuivauksen jälkeen pysyi samana, katsoin saadun painoeron vastaavan ilmakuivan kosteuden määrää näytteessä. Käyttämällä samaa prosenttisuhdetta päänäytteeseen nähden laskin sitten myös koko näytteessä esiintyvän ilmakuivan kosteuden vesimäärään.

Täten kuivaamalla maata kuivauskaapissa 105—110° C lämmössä ei poistu vielä kaikki fysikaalisesti sitoutunut vesi näytteestä. Niinpä Frosterus (46; 1913; 5) mainitsee, että kuivauksen jälkeen 110° C lämmössä poistui eri savinäytteistä vettä vielä 200° C lämmössä 0.23—0.82 painoprosenttia; nämä savet vastaavat tutkimuksieni näytteitä N:o 10—21. Edelleen hän (11; 1924; 25) esittää, että eräässä ilmakuivassa savessa, jonka hygroskooppisuus oli 8.08 % ja plastillisuus 47.3, oli vettä jäljellä vielä 110° C lämmössä 4.64 paino-%, 200° C—2.48 %, 300° C—2.04 %, 450° C—1.06 % ja 700° C—0.08 %; tämä savi vastaa tutkimuksieni näytteitä N:o 22—24.

Kosteuden hän määräsi (11; 1924; 24) Penfieldin metodin mukaan kuumentamalla näytettä lasiputkessa.

Valaisevia ovat tässä suhteessa myöskin Aarnion (13; 1924; 47, 51, 52) tutkimukset geelien vedenpitoisuudesta eri lämmöissä. Seuraavasta taulukosta näkyvät hänen saamansa tulokset:

4 tunnin kuumentamisen jälkeen	vettä %		
	Fe_2O_3:ssa	Al_2O_3:ssa	SiO_2:ssa
100°:ssa	10.00	24.00	8.28
200°:ssa	1.54	13.22	6.26
400°:ssa	0.72	4.40	3.30
700°:ssa	0.00	0.46	0.90

Vielä määrättiin näytteiden hygroskooppinen kosteus. Tämä tapahtui tavallista menettelytapaa käyttäen (40; 1920; 72, 73), minkä vuoksi en pidä tarpeellisena sitä tässä lähemmin selostaa.

Maassa oleva vesimäärä näytettä otettaessa ei merkitse mitään määrätynlaista kosteusolotilaa, vaan riippuen näytteen asemasta pohjaveteen ja sen aikaisista ilmastollisista suhteista voi se olla pohja-, kapillaari-, vajo- tai pintatartuntavettä.

Läpäisykokeen ja veteenupotuksen jälkeen määrätty vesimäärä, jolloin näyte punnittiin syrjällään, joten sen ylireuna oli 10 cm:n korkeudella, vastaa juuri pohjaveden yläpuolella olevan kapillaariveden määrää. Kun kaikki tutkimani näytteet olivat siksi hienojakoisia, että niissä jotenkin kaikki huokoset vielä 10 cm:n korkeudella pohjavedestä kuuluivat kapillaariseen veden nousupiiriin, vastaa k. o. vesimäärä miltei pohjavesimäärää sekä tilavuudeltaan likipitäen näytteen huokoisuutta. Täten saatu vesikapasiteetti vastaa SCHUBLERin ja WOLFFin käyttämässä menettelyssä saatua ja jälkimmäisen täydeksi (volle) vesikapasiteetiksi (19; 1914; 10) nimittämää vesimäärää sillä erotuksella, että käyttämilläni näytteillä oli niiden luontainen rakenne, kun sen sijaan heidän käyttämissään oli näyte yksinäishiukkasisesta maasta pakattu, jollaisen menettelyn tarkoituksettomuudesta KOPÉCKY on jo tehnyt perustellun huomautuksen (19; 1914; 13).

MAYERin (ja myöskin WOLLNY'n) käyttämän metodin (19; 1914; 10, 11) mukainen vesikapasiteetti, jota hän nimittää »absoluuttiseksi vesikapasiteetiksi», vastaa vesimäärää, joka maassa on 75 cm:n korkeuteen asti pohjavedestä, edellyttäen, että näytteessä oleva vesi on jo saavuttanut sisäisen tasapainotilan. Kun myöskin hän käyttää pulverisoitua ja keinollisesti pakattua maata, ei koe kuitenkaan vastaa k. o. maalajia karakterisoivaa vastaavanlaista vesimäärää.

KOPÉCKY menettelee vesikapasiteetin määräyksessä seuraavanlaisesti (19; 1914; 20).

Messinkirengaskojeen (katso sivu 36) avulla otetaan kaksi samanlaista maanäytettä. Molemmat näytteet asetetaan vedellä täytettyyn maljaan. Senjälkeen otetaan maanäytteet vedestä ja asetetaan hetkiseksi imupaperialustalle messinkilankaverkon jäädessä paperin ja näytteen väliin. Toinen näyte jää edelleen tämän paperialustan päälle ja toinen asetetaan tämän näytteen päälle. Messinkilankaverkko jätetään 2 tunnin ajaksi näytteiden väliin, jonka jälkeen se poistetaan ja näytteet joutuvat välittömään kosketukseen toistensa kanssa. Tässä asennossa säilytetään näytteitä 22 tuntia. Näyte suojataan haihdunnalta kellolasilla.

Ylimpään näytteeseen täten jäänyttä vesimäärää KOPÉCKY nimittää »absoluuttiseksi» vesikapasiteetiksi. Kun alemman näytteen ja imupaperin välissä on messinkilankaverkko (Drahtnetz), ei imupaperi joudu välittömään kosketukseen alemman näytteen alapinnan

kanssa. Mikäli näin on, ja kun näytteiden korkeus on 35 mm, vastaa Kopécky'n »absoluuttinen vesikapasiteetti» sitä kapillaarista vesimäärää, joka k. o. maassa olisi 35—70 mm:n välillä pohjaveden yläpuolella. Kun käyttämieni vesinäytteiden korkeus oli 10 cm, jolla korkeudella kaikkien tutkimuksen näytteiden huokoistolla oli jotenkin täysi kapillaarinen nousupiirinsä, vastaa Kopécky'n absoluuttinen vesikapasiteetti tutkimukseni näytteiden keskimääräistä vesikapasiteettia veteen upotuksen jälkeen.

Brigg ja Mc Lane (36; 1911; 338, 339) käyttivät vesikapasiteettimääräyksissään sentrifugia; he linkosivat tasaisesti kostutettua maanäytettä sentrifugissa, jonka voima ylitti 3 000 kertaa maan vetovoiman. Varmaankin tämän menetelmän antamat tulokset käytettäessä näytteitä, joissa luontainen rakenne on ehjä, antaa maalajeja varsin hyvin karakterisoivat tulokset ja nopeasti.

Tähän viittaa Briggin ja Mc Lane'n tutkimuksissaan saamat vesikapasiteettiarvot, jotka vaihtelevat 3.6 %:sta hietavaltaisissa maissa, 46.5 %:iin lihavissa savissa (36; 1911; 339).

Etten kuitenkaan mainittua menetelmää ole tutkimuksissani käyttänyt, johtuu siitä, että määräsin tutkimuksissa yleisemmin käytetyn ilmakuivan ja osittain myös hygroskooppisen kosteuden, jotka karakterisoivat maalajeja samansuuntaisesti sekä siitä, ettei mainitulla tavalla saatua vesikapasiteettia voida pitää muissakaan suhteissa erikoisesti merkitsevänä. Määräämieni vesimäärien prosenttiluvun olen laskenut päinvastoin, kuin Ramann (36; 1911; 336) painostaa ja useat käyttävät, määrävolyymin ja sitä vastaavan painon volyymi- ja painoprosenttiosuuksina näytteen painosta vesineen, koska siten saadaan havainnollisempi käsitys vesimäärän osuudesta koko näytteessä ja volyymi- ja painoprosentit ovat paremmin rinnastettavissa; vain hygroskooppisuutta vastaavaan prosenttilukuun nähden olen menetellyt yleisesti käytetyn menettelyn vuoksi toisin. Kun tutkimuksissani olen myös määrännyt kuivumiskutistumisen, olen ilmakuivan kosteuden volyymiprosentin laskenut sekä alkuperäistä näytteen volyymia, että ilmakuivaa olotilaa vastaavaa volyymia kohden.

Seuraavasta taulukosta X näkyvät näytteisiin veteen upotettuina pidättynyt vesimäärä eli täyskapillaarinen vesi ja näytteitä otettaessa niissä ollut vesimäärä eli ottokosteus volyymi- ja painoprosentteina sekä lähimmiltä sadehavaintoasemilta saadut sademäärät 3:na edellisvuorokautena ennen näytteiden ottoa. Samasta taulukosta näkyy myöskin hygroskooppinen kosteus ja näytteen ilmakuiva kosteus. Ilmakuivan kosteuden olen laskenut myös volyymiprosenteissa sekä alkuperäistä (I) että kutistunutta volyymia

Taulukko X. **Tabelle X.**

Näytteen Probe	Täyskapillaarinen vesi Vollkapillares Wasser		Ottokosteus Feuchtigkeit bei der Entnahme		1 vuorokautta ennen näytteen ottoa satanut vesimäärä Tage vor der Probeentnahme erhaltene Wassermenge	2	3	Hygroskoopinen kosteus Hygroskopische Feuchtigkeit		Ilmakuivakosteus Lufttrockene Feuchtigkeit		
								määrätty bestimmte	laskettu ilmakuiv. kostend. mukaan. nach der lufttrock. Feuchtigk. berechn.			
N:o	vol.-%	paino-%	vol.-%	paino-%	mm	mm	mm	paino-%	paino-%	I vol.-%	II vol.-%	paino-%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1_{I}	51.29	31.66	31.19	22.00	0.0	0.2	0.2		2.74	2.49	2.61	2.16
1_{II}	49.10	28.20	20.50	14.08				1.68	1.61	1.65	1.69	1.27
1_{III}	43.54	22.90	16.34	10.03					0.69	0.74	0.74	0.54
1_{IV}	41.22	21.27	14.12	8.47					0.54	0.77	0.77	0.46
1_{V}	39.33	20.05	17.43	10.01				0.48	0.49	0.63	0.63	0.42
1_{VI}	39.31	20.50	12.31	7.49					0.41	0.61	0.61	0.35
2_{I}	44.48	27.43	38.48	24.66	0.0	0.0	0.0	3.65	3.65	2.28	2.80	1.94
2_{II}	40.26	22.19	32.26	18.58				1.38	1.62	1.43	1.63	1.00
2_{III}	39.30	21.14	30.00	16.99					1.14	1.03	1.20	0.70
2_{IV}	40.13	20.70	22.13	12.58				0.57	0.50	0.46	0.50	0.34
2_{V}	40.65	20.47	27.25	14.70					0.64	0.63	0.68	0.43
2_{VI}	36.51	19.43	23.81	13.60				0.37	0.37	0.61	0.68	0.38
3_{I}	31.20	20.07	26.80	19.00	0.0	0.0	0.0	2.18		1.20	1.34	0.94
3_{II}	39.28	21.77	19.08	11.91				0.19		0.05	0.05	0.05
3_{III}	39.72	21.60	37.52	20.64				1.18		1.00	1.00	0.68
3_{IV}	38.97	20.25	35.37	18.73				0.76		0.70	0.72	0.40
3_{V}	45.17	23.42	42.37	22.30	0.0	0.0	0.0	4.62		2.60	2.63	1.71
3_{VI}	46.70	24.85	44.50	23.94				6.47		1.00	1.05	0.70
4_{I}	46.57	28.01	37.87	24.04	0.0	0.0	0.0	3.11		1.67	1.86	1.38
4_{II}	35.78	19.07	32.28	17.54				1.03		0.55	0.59	0.36
4_{III}	31.97	15.89	30.17	15.13				1.36		1.00	1.09	0.59
4_{IV}	36.06	18.07	33.26	16.90				1.27		0.89	0.97	0.54
4_{V}	45.86	24.20	45.16	23.91				3.91		3.54	3.92	2.41
4_{VI}	41.17	20.78	39.87	20.25				2.20		2.57	2.87	1.61
5_{I}	44.22	27.30	27.82	19.10	5.0	5.1	0.0	5.22	8.44	1.67	1.92	1.38
5_{II}	31.08	16.05	18.48	10.22					2.45	0.65	0.69	0.40
5_{III}	36.94	19.55	34.04	18.27					4.77	1.22	1.27	0.78
5_{IV}	50.13	27.60	43.73	24.95				12.02	12.02	6.26	7.71	4.54
5_{V}	47.88	26.20	43.58	24.43				7.28	7.90	4.06	4.97	2.92
5_{VI}	46.32	24.53	43.02	23.20					6.68	3.62	4.16	2.47
6_{I}	49.46	27.75	37.76	22.67	1.2	0.0	6.2	4.14	4.14	1.96	2.26	1.52
6_{II}	45.88	24.22	42.88	22.98				1.82	2.08	1.30	1.43	0.89
6_{III}	44.92	23.18	38.92	20.70					1.56	1.05	1.09	0.67
6_{IV}	39.45	19.20	30.75	15.63				0.31	0.38	0.33	0.33	0.23
6_{V}	38.76	21.15	14.46	9.11					0.24	0.29	—	0.15
6_{VI}												
7_{I}	56.56	36.26	42.86	30.13	0.5	11.0	4.8	4.34	4.34	2.46	2.90	2.42
7_{II}	46.76	25.08	38.66	22.55				2.71	2.94	1.98	2.20	1.48
7_{III}	47.75	27.04	41.55	24.70					2.48	1.63	1.73	1.25
7_{IV}	50.21	28.30	46.41	26.70				3.67	3.06	1.94	2.09	1.50
7_{V}	54.51	31.95	52.11	30.95					4.28	2.49	2.77	2.10
7_{VI}	55.59	32.40	52.69	31.45				3.54	3.54	1.69	1.89	1.44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8_{I}	55.86	35.40	45.76	30.96	1.0	0.5	11.0			2.46	2.83	2.37
8_{II}	53.05	33.08	42.35	28.30						1.87	2.06	1.71
8_{III}	50.77	29.19	41.27	25.07						1.85	1.93	1.48
8_{IV}	53.01	31.15	48.11	29.10						2.24	2.39	1.87
8_{V}	54.58	31.81	49.68	29.78						1.96	2.11	1.66
8_{VI}	58.05	35.20	53.15	33.27						1.95	2.30	1.80
9_{I}	56.52	36.60	37.62	27.75	0.0	0.1	0.0	4.73	5.34	2.82	3.75	2.82
9_{II}	49.29	28.47	39.69	24.27					4.12	2.79	3.08	2.18
9_{III}	49.37	28.85	43.17	26.20				4.44	3.97	2.87	3.13	2.29
9_{IV}	50.00	30.30	45.70	28.46					4.91	3.30	3.68	2.83
9_{V}	47.80	26.90	43.60	25.10				3.54	4.08	3.20	2.95	2.37
9_{VI}	39.08	19.33	37.08	18.48					3.00	2.83	3.05	1.74
10_{I}	49.99	30.95	37.89	25.40	1.5	0.4	20.7	4.95	4.95	3.09	3.24	2.71
10_{II}	39.28	19.22	35.58	17.70				3.50	3.50	3.20	3.27	1.89
10_{III}	41.21	20.50	38.11	19.30				3.27	3.12	2.59	2.63	1.60
10_{IV}	41.03	20.24	37.73	18.92					3.42	2.96	3.00	1.75
10_{V}	42.15	20.65	39.75	19.72				2.96	3.26	2.63	2.64	1.62
10_{VI}	45.76	22.60	37.96	19.48					2.66	2.06	2.08	1.32
11_{I}	49.50	30.22	39.20	25.52	0.1	1.5	0.4			3.30	3.55	2.80
11_{II}	42.30	21.95	36.30	19.43						2.92	3.12	1.94
11_{III}	41.79	20.67	37.79	19.05						2.77	2.78	1.69
11_{IV}	41.89	20.60	39.29	19.60						2.62	2.69	1.63
11_{V}	43.18	21.52	39 58	20.08						2.56	2.59	1.63
11_{VI}	42.52	21.18	40.32	20.30						1.92	1.95	1.23
12_{I}	46.17	26.08	38.07	22.53	4.8	0.0	0.0			3.22	3.42	2.44
12_{II}	41.97	21.74	30.47	16.77						3.24	3.33	2.09
12_{III}	38.94	19.12	32.24	16.34						3.02	3.13	1.79
12_{IV}	42.12	20.62	35.92	18.10						4.00	4.10	2.39
12_{V}	45.93	23.30	41.43	21.55						3.66	3.85	2.51
12_{VI}	43.22	21.88	39.72	20.48						3.47	3.56	2.17
13_{I}	37.02	20.33	30.02	17.13	0.0	0.0	1.4	5.56	5.56	3.42	3.83	2.39
13_{II}	38.54	20.66	34.89	19.08				7.11	7.71	4.26	5.13	2.76
13_{III}	42.58	22.46	37.88	20.50					6.40	3.46	3.97	2.29
13_{IV}	45.39	24.06	39.99	21.82					7.21	3.82	4.32	2.58
13_{V}	52.45	27.70	47.05	25.60				8.99	8.99	4.23	5.15	3.00
13_{VI}	49.20	25.67	46.10	24.45				7.06	7.06	3.80	4.19	2.61
14_{I}	54.88	34.35	51.28	32.85	7.0	4.8	0.0	6.31	6.31	3.58	4.40	3.21
14_{II}	49.80	28.35	47.00	27.20				5.76	6.09	3.62	4.19	2.81
14_{III}	52.15	28.85	50.15	28.05					7.24	4.38	5.00	3.34
14_{IV}	48.00	27.50	45.70	26.50					5.31	2.98	3.65	2.45
14_{V}	49.89	28.05	47.59	27.08					4.40	3.02	3.67	2.03
14_{VI}	49.24	27.87	46.64	26.75				5.53	5.53	2.74	3.43	2.08
15_{I}	51.24	34.96	39.74	29.45	0.0	0.0	0.0	9.65	9.65	1.84	2.39	1.93
15_{II}	42.88	24.08	41.08	23.30				8.18	8.55	4.75	6.06	3.42
15_{III}	43.64	23.95	37.94	21.50					8.00	4.57	5.94	3.20
15_{IV}	48.51	27.00	45.01	25.53					8.02	4.34	5.95	3.21
15_{V}	53.96	32.60	50.66	31.24				10.51	10.10	3.69	5.35	3.21
15_{VI}	61.72	37.53	59.92	36.85					10.92	3.72	5.99	3.47
16_{I}	53.22	32.44	45.72	29.20	1.4	0.6	6.6			5.22	6.57	4.54
16_{II}	52.45	29.74	47.15	27.60						6.37	8.51	4.93
16_{III}	54.06	31.93	49.66	30.10						6.19	8.60	5.07
16_{IV}	56.77	32.74	53.27	31.32						6.65	8.51	5.40
16_{V}	57.99	33.52	53.89	31.90						5.67	7.46	4.68
16_{VI}	61.69	37.36	56.69	35.37						4.99	7.50	4.54

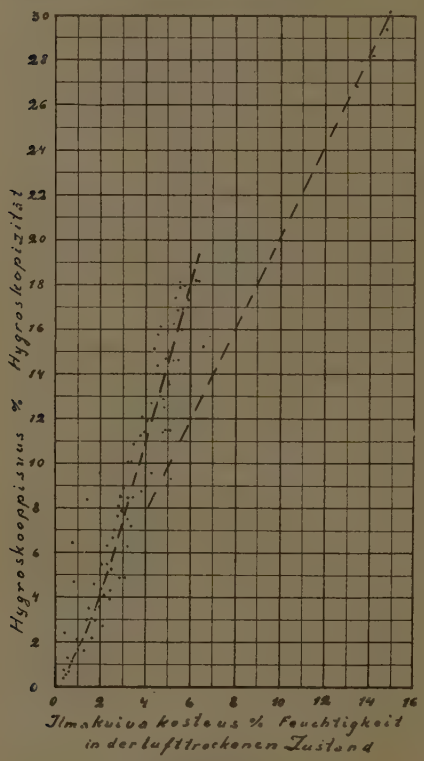
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17_{I}	53.62	36.35	47.72	33.68	0.0	5.0	0.8	8.15	8.80	3.72	4.53	3.82
17_{II}	45.28	24.85	42.18	23.53					7.50	4.60	5.27	3.25
17_{III}	50.30	27.75	46.80	26.32				13.04	13.04	6.38	7.95	4.66
17_{IV}	52.39	28.65	47.29	26.60				15.74	16.19	6.42	7.64	4.69
17_{V}	53.17	29.12	48.27	27.18					15.19	5.95	6.98	4.10
17_{VI}	55.63	31.70	49.13	28.05					15.85	5.78	7.07	4.59
18_{I}	45.30	28.00	36.80	24.00	0.8	8.7	10.6	9.62	9.62	5.25	6.33	4.29
18_{II}	46.25	27.55	44.25	26.68				14.63	14.63	6.67	9.02	5.23
18_{III}	49.81	28.90	46.66	27.60				18.20	18.35	7.69	10.50	5.88
18_{IV}	54.14	32.20	53.69	32.00					18.05	7.02	9.58	5.78
18_{V}	55.58	35.47	54.13	34.86				18.83	18.88	6.01	8.38	5.57
18_{VI}	54.85	34.00	52.50	33.00					18.78	6.20	8.82	5.48
19_{I}	50.99	33.25	38.89	27.53	0.0	0.1	0.8	11.42	11.42	5.14	6.36	4.77
19_{II}	49.17	28.80	44.97	27.00				13.56	13.56	6.44	8.51	5.04
19_{III}	52.79	31.00	49.19	29.50				17.11	18.22	8.02	11.10	6.38
19_{IV}	54.80	31.15	51.90	30.05					16.00	7.18	9.56	5.60
19_{V}	56.17	32.50	54.37	31.80				17.81	18.15	6.85	9.16	5.55
19_{VI}	57.30	33.40	54.20	32.12					17.46	6.45	8.92	5.34
20_{I}	54.19	34.70	45.09	30.67	0.0	0.0	0.0	11.51	11.51	5.14	6.12	4.84
20_{II}	53.93	31.85	50.63	30.54				14.66	14.66	6.70	9.30	5.49
20_{III}	55.57	33.05	53.37	32.10				17.66	18.25	7.60	11.21	6.32
20_{IV}	56.29	33.35	53.29	32.12					17.07	7.07	10.10	5.91
20_{V}	58.12	33.48	55.52	32.45				16.58	16.27	6.35	8.78	5.22
20_{VI}	62.70	37.52	60.00	36.20					16.89	6.05		5.42
21_{I}	50.00	31.80	39.60	27.00	0.0	0.0	0.0	11.51	11.51	5.75	6.94	5.12
21_{II}	49.53	28.92	46.23	27.52				15.28	15.28	8.60	11.00	6.59
21_{III}	47.67	27.00	45.47	26.05				16.75	16.92	7.80	10.20	5.65
21_{IV}	53.77	31.12	51.47	30.25					17.58	7.45	10.48	5.87
21_{V}	57.53	33.90	52.43	31.85				18.40	18.82	7.16	9.92	5.95
21_{VI}	55.32	34.10	50.02	31.90					17.98	6.47	8.97	5.69
22_{I}	55.53	37.10	40.43	30.00	0.0	0.0	0.0			4.13	4.93	4.18
22_{II}	57.19	38.47	45.69	33.30						4.91	6.48	5.08
22_{III}	62.89	44.50	51.19	39.52						4.37	6.71	5.30
22_{IV}	67.83	47.40	66.13	46.80						3.71	6.56	6.14
22_{V}	62.61	46.70	57.71	44.65						4.64	8.21	4.68
22_{VI}												
23_{I}	57.92	42.85	44.02	36.35	0.0	1.3	0.1	13.57	13.57	4.92	5.40	6.00
23_{II}	57.67	40.20	42.27	33.08				13.28	13.66	4.59	5.27	5.02
23_{III}	62.56	44.40	47.96	38.00					12.95	3.94	5.23	4.67
23_{IV}	65.65	48.22	56.55	44.75					13.20	3.48	5.64	4.85
23_{V}	73.60	54.45	69.60	53.00				14.76	14.79	3.18	6.10	4.89
23_{VI}	78.12	59.50	77.42	59.30					14.73	2.72	6.42	4.87
24_{I}	55.70	38.90	42.00	32.40	0.0	1.3	0.1	12.57	12.57	4.40	5.19	4.80
24_{II}	59.34	40.15	47.14	34.47				13.07	15.07	4.66	5.95	5.02
24_{III}	63.15	41.90	52.05	37.30					12.79	3.93	5.51	4.26
24_{IV}	65.97	44.90	60.17	42.70					11.35	3.20	4.97	3.78
24_{V}	74.55	54.90	72.45	54.20				13.30	14.43	3.93	7.27	4.54
24_{VI}	80.05	58.80	77.25	57.50					12.17	2.25	5.38	3.83
25_{I}	71.88	55.90	49.48	46.65	0.0	1.2	0.0	9.23	9.36	3.03	3.54	5.12
25_{II}	67.90	54.15	57.30	49.90					9.09	3.02	4.10	4.97
25_{III}	73.30	53.00	68.80	51.35				10.54	11.95	2.78	4.61	4.09
25_{IV}	69.30	46.10	67.10	45.20					8.19	2.33	3.71	2.80
25_{V}	75.15	53.15	73.65	52.65					11.46	2.68	6.33	3.92
25_{VI}	73.02	51.60	72.72	51.40				9.42	10.18	2.42	5.80	3.39
25_{VII}	68.69	45.70	68.69	45.70					8.57	2.44	5.01	2.88

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26_{I}	75.50	69.20	69.40	67.40	5.0	5.1	0.0			2.30	4.62	6.42
26_{II}	82.72	73.45	79.02	72.55						2.29	6.19	7.08
26_{III}	75.38	54.50	73.18	53.75						2.21	4.40	3.44
26_{IV}	71.16	50.90	71.16	50.90						2.49	5.55	3.53
26_{V}	73.37	53.40	73.37	53.40						2.45	5.93	3.74
26_{VI}	73.11	54.70	73.11	54.70						2.06	5.16	3.31
27_{I}	93.20	85.40	89.70	84.90	0.0	0.0	0.0			1.90	8.22	10.67
27_{II}	91.13	85.45	88.63	85.10						1.95	7.68	11.22
27_{III}	95.01	84.50	89.21	83.55						1.89	6.87	9.76
27_{IV}	49.50	27.50	49.50	27.50						1.55	1.87	0.89
27_{V}												
27_{VI}												
28_{I}	74.34	77.00	50.04	69.40	0.3	0.0	0.0	17.93	17.93	2.19	3.78	9.0
28_{II}	73.94	84.40	65.44	82.70				28.78	28.22	2.24	4.73	14.1
28_{III}	85.45	85.41	82.25	83.50					26.82	2.50	6.65	13.4
28_{IV}	85.33	86.30	79.33	85.35					30.62	2.43	4.93	15.3
28_{V}	90.37	88.10	86.27	87.75					29.42	2.07	7.69	14.7
28_{VI}	91.17	86.25	87.97	85.77				28.03	28.03	2.27	10.18	13.6
29_{I}	65.17	69.70	46.72	62.30	2.8	0.0	0.0			1.87	2.89	6.19
29_{II}	80.28	80.50	73.78	79.06						2.70	5.11	12.16
29_{III}	81.09	86.25	75.41	85.41						1.07	2.64	7.64
29_{IV}	88.72	89.40	84.02	88.90						1.55	4.88	12.83
29_{V}	91.38	88.50	88.60	88.30						1.76	5.64	12.95
29_{VI}												0.33
30_{I}	70.22	75.40	55.72	70.90	0.0	2.8	0.0			2.42	4.32	9.58
30_{II}	71.40	73.85	64.30	71.75						1.92	4.35	11.17
30_{III}	85.11	87.85	78.01	86.90						1.69	4.53	12.53
30_{IV}	83.81	88.45	78.31	87.70						1.54	3.73	12.33
30_{V}	82.79	89.90	77.39	89.25						1.97	4.26	17.45
30_{VI}	85.57	89.00	82.07	88.60						1.37	3.03	11.50
31_{I}	68.64	79.75	51.64	74.73	0.0	0.2	2.6			2.69	5.10	13.33
31_{II}	85.08	83.90	77.08	82.50						2.00	4.89	10.84
31_{III}	84.66	87.15	77.46	86.20						2.04	5.51	14.08
31_{IV}	85.90	89.70	80.30	89.05						1.43	4.74	12.67
31_{V}	89.17	91.60	84.37	91.15						1.30	4.58	13.76
31_{VI}	88.57	88.70	84.77	88.30						1.37	3.41	10.87
32_{I}					0.8	0.0	7.0					
32_{II}												
32_{III}												
32_{IV}												
32_{V}												
32_{VI}												
33_{I}					0.8	0.0	7.0		31.80			
33_{II}									40.62			
33_{III}									41.40			
33_{IV}									40.72			
33_{V}									45.99			
33_{VI}									34.48			

(II) kohti. Milloin hygroskooppisuus määrättiin useampaan osanäytteeseen nähden yhteisesti, olen taulukossa laskenut sen kutakin osanäytettä kohti myös ilmakuivan kosteuden mukaisessa suhteessa.

Frosterus (4; 1917; 57) on saanut kevyessä savimaassa, jonka luonnollinen rakenne on säilytetty, ja joka vastaa näytteitä 22—24, vesikapasiteetiksi taulukossa IX (sivulla 69) näkyvät arvot.

Vesikapasiteetilla hän tarkoittaa sitä vesimäärää, minkä maa pidättää itseensä ollessaan täysin vedellä kyllästetty, ja vastaa se siis tutkimuksieni korkeinta eli täyskapillaarisen olotilan vesikapasiteettia.



Kuva 26.

Aarnio (3; 1916; 38—42) ja (12; 1920; 17—27) on Kopécky'n menetelmän mukaan saanut taulukossa IX (sivulla 69) näkyvät vesikapasiteettiarvot.

Kuten piirroksesta, kuva 26, näkyy muuttuvat hygroskooppisuus ja ilmakuivakosteus samantapaisesti vaikkakaan ei yhdensuuntaisesti; poikkeukset keskimääräisestä suhteellisuudesta ovat kuitenkin varsin huomattavat. Lihavissa savissa on hygroskooppisuus likipitäen 3 kertaa korkeampi kuin ilmakuivakosteus ja hietamaissa n. 2 kertaa korkeampi. Suomaissa on hygroskooppisuus n. 2 kertaa korkeampi ilmakuivaa kosteutta.

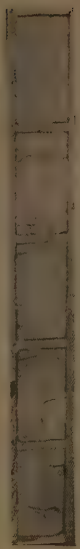
10. *Maan konsistenssiominaisuudet.*

Atterberg (47; 1911; 10—43) on erikoisesti kiinnittänyt huomiota eri suurien vesimäärien vaikutukseen saman maan eri konsistenssimuotojen määrääjänä sekä siihen eroavaisuuteen vesipitoisuudessa, mikä eri maalajeissa esiintyy samaan konsistenssimuotoon nähden. Hän antaa näille konsistenssieroavaisuuksille niin suuren merkityksen, että katsoo voivansa sen perusteella luokitella maalajeja.

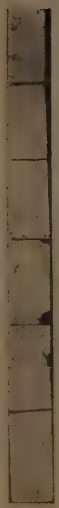
Myöhemmin ovatkin m. m. Johansson (nach Zähigkeit und Umschlagpunkt) (48; 1914; 107, 108), Ekström (efter vattenhaltsdiffe-

Kuva 27

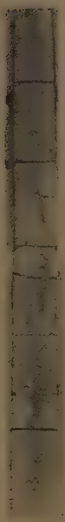
Kuva 28



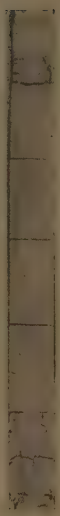
Kuva 29



Kuva 30

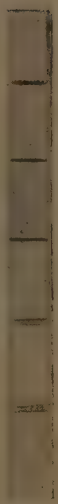


Kuva 31



Kuva 32

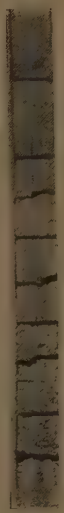
Kuva 33



Kuva 34

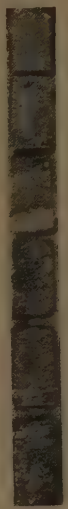
Kuva 35

Kuva 36

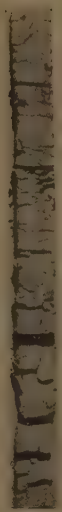


Kuva 37

Kuva 38

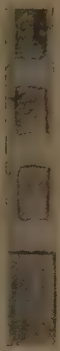


Kuva 39



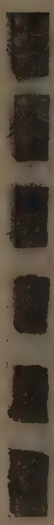
Kuva 40

Kuva 41



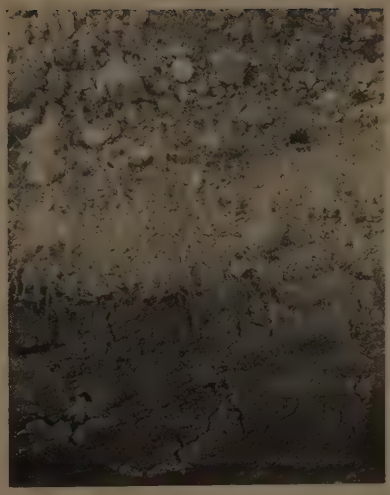
Kuva 42

Kuva 43.



Kuva 44.

Kuva 45.



Kuva 46.

Kuva 47.

rensen V_{10}—V_{100}) (9; 1927; 127) ja FROSTERUS (plastillisuus luvun mukaan) (11; 1924; 7) käyttäneet näitä konsistenssiominaisuuksia eri savimaalajien luokittelussa, vaikkakin FROSTERUS (11; 1924; 38) täydellä syyllä huomauttaa, että tällaisella jaoittelulla on vain siinä tapauksessa arvoa, että aina verrataan pystyleikkauksen samoja horisontteja.

Eri konsistenssimuodoista erotetaan tärkeimpinä juoksuraja ja kieritysraja.

Juoksuraja määrätään siten, että pienessä pyöreäpohjaisessa posliinimaljassa sekoitetaan maata, josta karkeat hiukkaset on sihdattu pois, veden kanssa paksuksi taikinaksi. Taikina, jonka vahvuus on alle 1 cm jaetaan kahtia siten, että osien välisellä vaolla on viettävät laidat ja että maljan pohja näkyy. Senjälkeen lyödään maljaa voimakkaasti kämmentä vastaan pystysuorassa suunnassa. Jos osat tällöin juoksevat yhteen lisätään maajauhetta. Menettelyä jatketaan, kunnes puoliskot vain vaikeasti ja alaosastaan juoksevat yhteen. Määräämällä näytteen vedenpitoisuus saadaan tietää k. o. maalajien juoksurajan vedenpitoisuus.

ATTERBERG (47; 1911; 42) katsoo, että saven vesikapasiteetti vastaa tätä juoksurajan vedenpitoisuutta.

Kieritysraja määrätään siten, että äskeistä taikinaa kieritetään käsin paperialustalla, kunnes saatu 2 mm vahva nauha hajoaa muruiksi. Tässä olotilassa määrätään taasen näytteen vedenpitoisuus.

Juoksurajan ja kieritysrajan vedenpitoisuuden ero on sitten m u o v a i l t a v a i s u u s luku.

Näiden konsistenssirajain lisäksi ATTERBERG on tuonut esiin m. m. t a r t t u m i s r a j a n, missä maa-aines lakkaa tarttumasta sekoituslastaan, ja k u t i s t u m i s r a j a n, missä maa lakkaa kuivuessaan kutistumasta.

Teknillisesti tärkeinä voitaisiin pitää juoksurajaa, tarttumisrajaa sekä kutistumisrajaa. Kun kuitenkin nämä rajat on määrätty laboratoriossa näytteistä, joiden luontainen rakenne voimakkaan käsittelyn kautta on perusteellisesti rikottu, eivät niiden antamat arvot vedenpitoisuuteen nähden vastaa saman konsistenssin vedenpitoisuutta samassa maassa luonnossa (9; 1927; 119, 120 ja 49; 1922; 50).

JOHANSSON (48; 1914; 61) katsoo, että savi on muovailtavaa, vielä kieritys- ja kutistumisrajain välilläkin, vaikkakin muovailussa on tällöin käytettävä jonkin verran suurempaa painantaa ja ehdottaa siksi muovailtavaisuuden (plastisiteetin) alarajaksi kutistumisrajaa. Tähän yhtyy myös FROSTERUS (11; 1924; 4) ja EKSTRÖM (9; 1927; 120). Kuitenkin on muovailtavuusluku yleensä ja maassammekin aina määrätty juoksurajan ja kieritysrajan välisenä erona.

Mitä näiden konsistenssirajain tarkkuuteen tulee, on JOHANSSON (48; 1914; 76) m. m. kutistumisrajaan nähden osoittanut, että sen

vedenpitoisuus on sitä korkeampi, mitä korkeampi alkukosteus näytteessä on ollut ja yleensäkin ovat raja-arvot jossain määrin subjektiivisen arvion varassa; kuitenkaan eivät nämä vaihtelut ole varsin suuria.

Maassamme ovat FROSTERUS ja AARNIO määränneet useihin maalajeihin nähden juoksu- ja kieritysrajat sekä plastillisuusluvut. Taulukossa XI on lyhyt yhteenveto näistä sekä samalla maininta, mitä tutkimukseni näytettä kukin näistä lähinnä vastaa.

Ylimalkaisena yhteenvetona voitaisiin sanoa, että plastillisuus vaihtelee eri maalajeissa ruokamultaa huomioonottamatta seuraavanlaisesti:

hietamaassa: 2.0—8.0 vastaten näytteitä 1, 2, 3_{II}—3_{IV}, ja 4_{II}—4_{IV}, sekä 6_{IV}—6_{V},

savihieta- ja -hiesumaassa: 8—13 vastaten näytteitä 5_{II}—5_{III}, 6_{II}—6_{III}, 7, 8 ja 9_{II}—9_{III},

tiiviissä kertavissa hiesusavimaissa: 7—21 vastaten näytteitä 3_{V}—3_{VI}, 4_{V}—4_{VI}, 5_{V}—5_{VI}, 9_{IV}—9_{VII}, 10—12,

lihavissa tiiviissä kertavissa hiesusavimaissa: 20—30 vastaten näytteitä 13—15,

lihavissa savimaissa: 22—44 vastaten näytteitä 16—21,

urpasavimaissa: 15—37 vastaten näytteitä 22—24.

Plastillisuusluvun vaihtelu saman maalajin eri horisonteissa tapahtuu siten, että se yleensä ruokamullan alla olevassa uuttuneessa kerroksessa on pienin lisääntyen alaspäin ollen pohjavesikerroksessa korkein (11; 1924; 9—12). Humuspitoisuus koroittaa vastaavassa kivennäismaalajissa juoksurajan vedenpitoisuutta huomattavasti enemmän kuin kieritysrajan, joten muovailtavaisuusluku suurenee.

11. *Maan kuivumiskutistuminen.*

Fysikaalisiin ominaisuuksiin nähden on maan kuivumiskutistumisella ja kostumispaisumisella kuivatusteknillisesti useasti varsin tärkeä merkitys. Kutistumisen kautta maahan repeytyneet halkeamat toisaalta edelleen jouduttavat kuivumista ja toisaalta tekevät mahdolliseksi sadevesien nopean painumisen syvempiin kerroksiin sekä ovat itse varautumistilana vedelle vähentäen siten liikakostumisvaaraa. Toisissa maalajeissa täyttyvät nämä halkeamat verrattain herkästi lietteestä, toisissa ne säilyvät tukkeutumatta pitkiä aikoja. Myöskin on eroa siinä, että muutamissa maissa painuvat nämä halkeamat sateella nopeasti kiinni, mutta toisissa maissa taasen pitkäaikaisen pohjavedessä olon jälkeenkin halkeamien vedenjohtokyky säilyy, vaikkakin ehkä teholleen jonkinverran pienentyneenä.

Taulukko XI. **Tabelle XI.**

Julkaisu Veröffentlichung	Maalaji ja näyte Bodenart u. Probe	Horisontti Bodenhorizont	Eri hiukkassuuruuksien %-osuus Prozentualer Anteil der verschiedenen Korngrössen 2—0.2 mm	0.2—0.02 mm	0.02-0.002 mm	<0.002 mm	Hygroskoopisuus Hygroskopizität %	Vedenpitoisuus Wassergehalt juoksurajassa an der Fliessgrenze	kiertysrajassa an der Rollgrenze	Plastisitätszahl	Muovailtavaisuusluku	Vastaava tutkimuksen näyte Entsprechende Probe meiner Untersuchungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
4; 1917; 28	Hieta		0.00	77.12	21.13	0.72	0.26	22.0	20.4	1.6		
12; 1920; 30	» H_9	A; 8.5—12					9.86	53.65	36.23	17.42		1_I, 2_I, 3_I,
		B; 50—53.5					1.66	24.46	20.52	3.94		4_I, 9_I
		G; 70—73.5					1.76	27.16	22.60	4.56		
		C; 110—113.5					2.03	29.64	24.44	5.20		1_{II}—1_{VI}
12; 1920; 30	Savi H_4	A_2 25—28.5						21.98	16.50	5.48		2_{II}—2_{VI}
12;1920; 31	» 105	A_2 25—45	1.2	65.28	21.9	10.7	2.58	23.10	17.25	5.85		3_{II}—3_{IV}
12; 1920; 30	Hieta H_5	B 28—31.5					2.48	28.99	23.04	5.95		4_{II}—4_{IV}
		C 58.5—62					1.45	26.76	19.81	6.95		5_{II}—5_{III}
	» K_4	C 90—100	0.20	72.68	22.20	5.95	0.38	25.73	18.74	6.99		6_{IV}—6_V
3; 1916; 48	Sorahieta 72	A 0—15					3.95	52.58	35.64	16.94		1_I, 2_I, 3_I,
		B 50—70					0.97	27.51	22.23	5.28		4_I, 9_I
		C 70—80	6.25	46.60	30.40	16.50	0.73	29.03	19.93	9.10		
3; 1916; 48	Hieta 71	A 0—15					4.42	48.84	34.89	13.95		6_I
		B_1 20—32					1.77	32.95	21.50	11.45		6_{II}—6_{III}
		B_2 32—52					1.57	26.55	18.26	8.29		5_{II}—5_{III}
3; 1916; 48	Savihieta 70	A 0—15					5.84	59.97	42.57	17.40		7—8
		B 15—30					2.76	32.23	20.02	12.21		9_{II}—9_{III}
		C 35—55					3.86	28.24	17.27	10.97		
3; 1916; 48	Hietasavi 119	A 0—10	0.08	43.50	28.53	20.85	3.56	49.85	36.70	13.15		3_V—3_{VI}
		B_1 10—26	0.69	38.94	34.85	23.18	2.99	34.22	22.89	11.33		4_V—4_{VI}
		B_2 26—40						34.55	22.25	12.30		
		C 40—50	0.11	22.03	46.56	30.07	2.94	31.29	20.07	11.22		5_V—5_{VI}
3; 1916; 48	Savi 56	A 5—18					5.92	49.55	40.89	8.66		9_{IV}—9_{VI}
		G 20—55					4.40	32.54	16.13	16.41		10_I—10_V
		C 55—65					6.13	46.51	18.74	27.77		11_I—11_V
11; 1924; 11	Savi, kertava	5					2.71	37.8	26.5	10.1		12_I—12_V
		10					2.07	32.5	24.8	7.3		
		15					1.74	29.8	23.1	6.7		
		20					3.73	35.5	22.5	13.0		
		25					2.68	32.9	21.9	11.0		
		30					4.93	42.5	23.2	19.3		
		35					4.57	43.9	22.7	21.2		3_V—3_{VI} jne.
		40					3.20	36.8	20.4	16.4		
		45					2.58	33.8	21.3	12.5		
		55					3.26	39.7	23.4	16.3		
		60					5.02	37.3	22.4	14.9		
		65					4.93	41.0	25.0	16.0		
		70					5.97	49.1	22.4	26.7		
3; 1916; 48	Savi 68	A 0—15					4.53	44.35	28.17	16.18		12_I—12_{VI}
		B 20—40	0.71	17.79	32.94	47.40	8.70	45.97	19.93	26.04		5_{IV}
		C 49—60	0.29	15.77	37.88	45.53	6.99	45.29	19.29	26.00		13_I—13_{VI}
3; 1916; 48	Savi 94	Pikimaa 21-33	0.87	25.74	22.90	37.23	14.72	75.62	44.19	31.43		14_I—14_{VI}
		G 35—50	0.18	29.73	34.67	34.00	7.38	42.15	15.71	26.44		15_I—15_{VI}
12; 1920; 31	Savi K_3	Turve 0—15					(14.72)	60.02	30.75	39.27		
		Pikimaa 15-25					(11.77)	46.48	22.36	24.12		
		G 35—80					(15.41)	67.62	27.67	39.95		16—21
		G 130—150					(13.17)	49.10	18.04	31.09		
		C 200—230					(9.63)	41.89	20.21	21.68		
12; 1920; 31	Savi 105	C 215—240	2.70	21.10	24.70	46.60	14.82	68.57	25.33	43.24		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11; 1924; 21	Savi V 10	20					4.32	44.5	29.8	14.7	
		30					8.81	56.1	29.7	26.4	
		50					9.88	58.6	27.5	31.1	
		80					9.18	73.4	35.7	37.5	
4; 1917; 61	Urpasavi I d.	10—15	0.48	26.81	30.80	30.65	8.11	67.5	39.8	27.7	
		15—20						40.3	21.5	18.8	22—24
		20—30	0.07	22.60	18.67	51.18	4.19	56.4	35.2	21.2	
		40—45	0.17	45.03	21.10	31.23	4.41	47.0	24.7	22.3	
		50—55	0.16	32.60	23.89	41.70	6.72	52.9	21.9	30.9	
		60—80					6.14	61.8	29.8	32.0	
		80—90						73.3	36.7	36.6	
		100—190						73.9	37.0	36.9	

Tämä maiden kutistumis- ja paisumisilmiö on mielestäni se tekijä, joka ensi sijassa aiheuttaa, etteivät hiukkassuuruuteen ja pääasiassa hiukkassuuruudesta johtuviin hygroskooppisuuteen, kostumislämpöön ja tehopintaan perustuvat ojaetäisyyskaavat vastaa käytännön kokemusta.

Vaikka maaperäkirjallisuudessa useasti mainitaan kutistumisilmiöistä, on itse maaperätutkimuksessa varsin vähän kiinnitetty huomiota tähän kulttuuriteknillisesti varsin tärkeään seikkaan. Pääasiallisimmat tutkimukset kutistumisilmiöön nähden on tehty savitutkimuksissa tiiliteollisuuden tarpeita silmällä pitäen, jolloin tutkittava maa on ollut vaivattua sekä sen luontainen struktuuri siis rikottu.

Kuitenkin Schübler on jo v. 1830 (40; 1920; 24) suorittanut tutkimuksia tässä suhteessa. Hän muovaili märkiä määrätynmuotoisia maanäytteitä ja mittasi niiden kuutiokutistumisen saaden kvartsihiedassa 0.0 %, ja hienossa hiilihappoisessa kalkissa 5.0 %, harmaassa savimaassa 18.3 % ja humusmaassa 20.0 %.

Myöskin Wolff, Haberlandt ja Borgmann (36; 1911; 327) ovat suorittaneet samantapaisia mittauksia.

Ramann (36; 1911; 303—304) m. m. mainitsee: »Savi- ja humusrikkaat maat ovat niitä, jotka kostuessaan voimakkaasti paisuvat, ja kuivuessaan voimakkaasti kutistuvat». Sekä jatkaa edelleen: »On varsin todennäköistä, että kosteuden vaihteluista johtuneet volyymimuutokset ovat tärkeimpänä tekijänä maan muruisuuden syntymiseen».

Frosterus kiinnittää myös huomiota asiaan (1; 1914; 90, 94. 4; 1917; 31, 32) ja sanoo (11; 1924; 40, 41) m. m. »Edelleen osoittavat tutkimukset vetelien litoriinasavien kuivuessaan kutistuvan, joka

muutamissa tyypeissä saattaa kohota aina 50 volyymiprosenttiin, ja kenttähavainnot osoittavat pohjaveden yläpuolella olevan tason halkeilevan teräväsärmäisiin kappaleihin, joiden välit saattavat välistä olla muutamia senttimetrejä leveitä. Kutistuminen ei tavallisesti ole näin suuri vanhemmissa savikerrostumissa», sekä jatkaa: »Tällaisessa savikossa ovat dreneraussuhteet toiset kuin jäykässä savessa.»

Myöskin Aarnio mainitsee tästä ilmiöstä (3; 1916; 11—14).

Flodkvist (51; 1922; 17) kiinnittää niinikään huomiota tähän ilmiöön ja sittemmin yhdessä Ekströmin (6; 1926) kanssa on suorittanut pohjavesihavaintoja ja maaperätutkimuksia tällaisilla kutistuvilla mailla, joiden hygroskooppisuus vaihteli 8.1—26.6. Vertikaalileikkauksessa he jakoivat maakerrokset ylempään kuivakuorikerrokseen, alempaan kuivakuorikerrokseen ja saippuasavikerrokseen sen mukaan, millä tavoin kutistumisen aiheuttama halkeilu kussakin kerroksessa esiintyi.

Loppulauseessa he mainitsevat: »Edellä olevassa on selostettu erilaisia peltomaita — etupäässä liejupitoisia savimaita, — jotka suurien permanenttisten halkeamiensa vuoksi ovat osoittautuneet olevansa kuivia maita, joissa salaojitus ei ole tarpeen. Suurin piirtein ottaen on ero näiden itsekuivuvien halkeamamaiden ja meidän tavallisten suuressa tai vähässä määrässä märkien savimaidemme välillä juuri siinä, että ensinmainituissa maissa halkeamat alemmassa kuivakuorikerrostumassa ovat suurempia kuin jälkimmäisissä maissa. Sitä paitsi on rakoilu ylemmässä kuivakuorikerrostumassa edellisissä maissa yleensä selvempi.»

Myöskin Zunker (37; 1928; 527—554) on äskettäin kiinnittänyt huomiota asiaan ja elohopeavolyymimittarin avulla määrännyt kutistuvaisuuden UkBo'n tutkimuksissaan käyttämiin maihin nähden, joiden hygroskooppisuus oli 3.57—16.90 %. Kuutiokutistuminen vaihteli näissä maissa 2.3—29.6 % (37; 1928; 531). Käyttikö Zunker näytteitä, joiden luontainen rakenne oli ehjä, ei käy selostuksesta selville. Todennäköiseltä näyttää, ettei asianlaita ole niin ollut.

Varmaankin monelle salaojitusten suunnittelijalle on tuottanut hämminkiä kentällä havaitsemansa maan halkeilu. Jouduin itsekin kesällä 1915 salaojitusta varten tutkimaan alueen, jossa esiintyi aina 2 ½ cm leveitä ja varsin syviä halkeamia verraten taajassa (Snappertuna, Fagervik). Tiedusteluuni, onko kaivetuissa sarkaojissa koskaan nähty virtaavan vettä, vastattiin kielteisesti. Tässä oli kysymyksessä siis maa, jossa kuivatuksen tarve huolimatta korkeasta hienompien aineksien määrästä (katso lähemmin urpasavimaiden, näytteet 22—24, kokoomusta) ilmeisesti oli vähäinen.

Siitä alkaen olen kiinnittänyt huomiota kutistumisilmiöön ja salaojitussuunnitteluissa koettanut arvioida sen vaikutuksen kuivatustarpeeseen.

Pääasiassa silmällä pitäen kuivumiskutistumisen määräämistä konstruoin edellä esittämäni näytteiden ottokojeenkin (katso siv. 28).

Näytteiden otto tapahtui aikaisemmin jo esitetyllä tavalla (katso siv. 29—30), ja oli alkuperäisten näytteiden sivumitat = korkeus: leveys: vahvuus = 20 : 10 : 5 cm.

Näytteet säilytettiin, kuten edellä on mainittu, tavallisessa huonelämmössä, jossa ne saivat vähitellen kuivua, kunnes ne saavuttivat konstantin painon. Tällöin niissä oli enää jälellä vain ilmakuivakosteus.

Ennen erikoisnäytteiden ottoa eri tutkimuksia varten mittasin näytteen korkeuden, leveyden ja vahvuuden yhden millimetrin tarkkuudella. Milloin kutistuminen näytteen eri osissa oli ollut erilainen, laskin kutistumisen keskipituuden kussakin eri suunnassa erittäin. Kaikki näytteet eivät pysyneet kuivuessaan yhtenäisenä kompaktina kappaleena, vaan muutamat repeytyivät halkeamiin; tällöin otin kutistumisessa huomioon myöskin näiden halkeamien osuuden. Pari näytettä, nim. 6V ja 20VI, hajosivat kuivuessaan niin, ettei niihin nähden voitu kutistumismittausta suorittaa.

Otin joukosta sarjanäytteitä valokuvia kutistuneena. Kuvissa on näytteen I:n yläpää nollaviivalla ja näytteen VI:n alapää 120 cm:n viivalla, joten välimatkat näytteiden välillä vastaavat kutistumista pituussuunnissa eli siis maassa vertikaalisuunnassa.

Kutistumisen olen laskenut prosenttiosana alkuperäisen näytteen volyymista, ja näkyvät ne taulukosta XII, johon myös olen ottanut näytteen ottokosteutta ja ilmakuivaa kosteutta vastaavat luvut, kummatkin volyymiprosentteina.

Kun muutamissa (13, 17, 25) maissa niistä näytteitä otettaessa esiintyi halkeamia, ei kutistumismäärä ilmaise maksimikutistuvaisuutta ainakaan niihin nähden.

Taulukko XII. **Tabelle XII.**

Näyte Probe N:o	Ottovolyymi Volumen bei der Entnahme cm³	Kosteus näytteessä otettaessa Feuchtigkeit in der Probe bei der Entn. vol.-%	Näytteen volyymi kutistuneena Volumen der Probe nach der Schwindung cm³	Ilmakuivakosteus kutistun. näytteessä Lufttrockene Feuchtigkeit in der Probe nach der Schwindung vol.-%	Kutistuminen alkup. näytteen volyym. Schwindung vom ursprungl. Volumen der Probe vol.-%	Huomautuksia Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	7
1_{I}	1 000	31.19	955	2.61	4.5	
1_{II}	1 000	20.50	975	1.69	2.5	
1_{III}	1 000	16.34	1 000	0.74	0.0	
1_{IV}	1 000	14.12	1 000	0.77	0.0	
1_{V}	1 000	17.43	1 000	0.63	0.0	
1_{VI}	1 000	12.31	1 000	0.61	0.0	
3_{I}	1 000	26.80	898	1.34	10.2	Kuva 27
3_{II}	1 000	19.08	995	0.05	0.5	
3_{III}	1 000	37.52	1 000	1.00	0.0	
3_{IV}	1 000	35.37	970	0.72	3.0	
3_{V}	1 000	42.37	990	2.63	1.0	
3_{VI}	1 000	44.50	951	1.05	4.9	
5_{I}	1 000	27.82	871	1.92	12.9	Kuva 28
5_{II}	1 000	18.48	940	0.69	6.0	
5_{III}	1 000	34.04	960	1.27	4.0	
5_{IV}	1 000	38.09	812	7.71	18.8	
5_{V}	1 000	39.92	817	4.97	18.3	
5_{VI}	1 000	39.77	871	4.16	12.9	
7_{I}	1 000	42.86	848	2.90	15.2	Kuva 30
7_{II}	1 000	38.66	899	2.20	10.1	
7_{III}	1 000	41.55	944	1.73	5.6	
7_{IV}	1 000	46.41	929	2.09	7.1	
7_{V}	1 000	52.11	898	2.77	10.2	
7_{VI}	1 000	52.69	893	1.89	10.7	
9_{I}	1 000	37.62	752	3.75	24.8	Kuva 31
9_{II}	1 000	39.69	907	3.08	9.3	
9_{III}	1 000	43.17	917	3.13	8.3	
9_{IV}	1 000	45.70	898	3.68	10.2	
9_{V}	1 000	43.60	927	2.95	7.3	
9_{VI}	1 000	37.08	927	3.05	7.3	
11_{I}	1 000	39.20	929	3.55	7.1	
11_{II}	1 000	36.30	936	3.12	6.3	
11_{III}	1 000	37.79	996	2.78	0.4	
11_{IV}	1 000	39.29	975	2.69	2.5	
11_{V}	1 000	39.58	988	2.59	1.2	
11_{VI}	1 000	40.32	985	1.95	1.5	

Näyte Probe N:o	Ottovolyymi Volumen bei der Entnahme cm³	Kosteus näytteessä otettaessa Feuchtigkeit in der Probe bei der Entn. vol.-%	Näytteen volyymi kutistuneena Volumen der Probe nach der Schwindung cm³	Ilmakuivakosteus kutistun. näytteessä Lufttrockene Feuchtigkeit in der Probe nach der Schwindung vol.-%	Kutistuminen alkup. näytteen volyym. Schwindung vom ursprungl. Volumen der Probe vol.-%	Huomautuksia Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	7
2_{I}	1 000	38.48	813	2.80	18.7	
2_{II}	1 000	32.26	880	1.63	12.0	
2_{III}	1 000	30.00	857	1.20	14.3	
2_{IV}	1 000	22.13	926	0.50	7.4	
2_{V}	1 000	27.25	925	0.68	7.5	
2_{VI}	1 000	23.81	894	0.68	10.6	
4_{I}	1 000	37.87	889	1.86	11.1	
4_{II}	1 000	32.28	926	0.59	7.4	
4_{III}	1 000	30.17	921	1.09	7.9	
4_{IV}	1 000	33.26	917	0.97	8.3	
4_{V}	1 000	45.16	903	3.92	9.7	
4_{VI}	1 000	39.87	932	2.87	6.8	
6_{I}	1 000	37.76	866	2.26	13.4	Kuva 29
6_{II}	1 000	42.88	908	1.43	9.2	
6_{III}	1 000	38.92	965	1.09	3.5	
6_{IV}	1 000	30.75	1 000	0.33	0.0	
6_{V}	1 000	14.46	—	—	—	Hajosi
6_{VI}	1 000	—	—	—	—	—
8_{I}	1 000	45.76	869	2.83	13.1	
8_{II}	1 000	42.35	908	2.06	9.2	
8_{III}	1 000	41.27	960	1.93	4.0	
8_{IV}	1 000	48.11	936	2.39	6.4	
8_{V}	1 000	49.68	927	2.11	7.3	
8_{VI}	1 000	53.15	847	2.30	15.3	
10_{I}	1 000	37.89	955	3.24	4.5	
10_{II}	1 000	35.58	980	3.27	2.0	
10_{III}	1 000	38.11	987	2.63	1.3	
10_{IV}	1 000	37.73	987	3.00	1.3	
10_{V}	1 000	39.75	997	2.64	0.3	
10_{VI}	1 000	37.96	990	2.08	1.0	
12_{I}	1 000	38.07	941	3.42	5.9	Kuva 32
12_{II}	1 000	30.47	975	3.33	2.5	
12_{III}	1 000	32.24	965	3.13	3.5	
12_{IV}	1 000	35.92	975	4.10	2.5	
12_{V}	1 000	41.43	951	3.85	4.9	
12_{VI}	1 000	39.72	975	3.56	2.5	

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
13_{I}	1 000	30.02	894	3.83	10.6	Kuva	14_{I}	1 000	51.28	813	4.40	18.7	Kuva
13_{II}	1 000	34.89	830	5.13	17.0	33	14_{II}	1 000	47.00	862	4.19	13.8	34
13_{III}	1 000	37.88	871	3.97	12.9		14_{III}	1 000	50.15	875	5.00	12.5	
13_{IV}	1 000	39.99	885	4.32	11.5		14_{IV}	1 000	45.70	817	3.65	18.3	
13_{V}	1 000	47.05	822	5.15	17.8		14_{V}	1 000	47.59	821	3.67	17.9	
13_{VI}	1 000	46.10	908	4.19	9.2		14_{VI}	1 000	46.64	799	3.43	20.1	
15_{I}	1 000	39.74	770	2.39	23.0	Kuva	16_{I}	1 000	45.72	795	6.57	20.5	Kuva
15_{II}	1 000	41.08	783	6.06	21.7	35	16_{II}	1 000	47.15	749	8.51	25.1	36
15_{III}	1 000	37.94	770	5.94	23.0		16_{III}	1 000	49.66	720	8.60	28.0	
15_{IV}	1 000	45.01	729	5.95	27.1		16_{IV}	1 000	53.27	782	8.51	21.8	
15_{V}	1 000	50.66	689	5.35	31.1		16_{V}	1 000	53.89	760	7.46	24.0	
15_{VI}	1 000	59.92	621	5.99	37.9		16_{VI}	1 000	56.69	665	7.50	33.5	
17_{I}	1 000	47.72	822	4.53	17.8	Kuva	18_{I}	1 000	36.80	830	6.33	17.0	Kuva
17_{II}	1 000	42.18	873	5.27	12.7	37	18_{II}	1 000	44.25	740	9.02	26.0	46
17_{III}	1 000	46.80	803	7.95	19.7		18_{III}	1 000	46.66	733	10.50	26.7	
17_{IV}	1 000	47.29	841	7.64	15.9		18_{IV}	1 000	53.69	733	9.58	26.7	
17_{V}	1 000	48.27	852	6.98	14.8		18_{V}	1 000	54.13	720	8.38	28.0	
17_{VI}	1 000	49.13	818	7.07	18.2		18_{VI}	1 000	52.50	703	8.82	29.7	
19_{I}	1 000	38.89	808	6.36	19.2	Kuva	20_{I}	1 000	45.09	839	6.12	16.1	
19_{II}	1 000	44.97	757	8.51	24.3	38	20_{II}	1 000	50.63	721	9.30	27.9	
19_{III}	1 000	49.19	723	11.10	27.7		20_{III}	1 000	53.37	678	11.21	32.3	
19_{IV}	1 000	51.90	751	9.56	25.0		20_{IV}	1 000	53.29	700	10.10	30.0	
19_{V}	1 000	54.37	748	9.16	25.2		20_{V}	1 000	55.52	7.23	8.78	27.7	
19_{VI}	1 000	54.20	723	8.92	27.7		20_{VI}	1 000	60.00	—	—	—	Hajosi
21_{I}	1 000	39.60	829	6.94	17.1	Kuva	22_{I}	1 000	40.43	837	4.93	16.3	
21_{II}	1 000	46.23	782	11.00	21.8	39	22_{II}	1 000	45.69	757	6.48	24.3	
21_{III}	1 000	45.47	765	10.20	23.5		22_{III}	1 000	51.19	651	6.71	34.9	
21_{IV}	1 000	51.47	711	10.48	28.9		22_{IV}	1 000	66.13	565	6.56	43.5	
21_{V}	1 000	52.43	722	9.92	27.8		22_{V}	1 000	57.71	565	8.21	43.5	
21_{VI}	1 000	50.02	722	8.97	27.8		22_{VI}	1 000	—	—	—	—	
23_{I}	1 000	44.02	912	5.40	8.8		24_{I}	1 000	42.00	848	5.19	15.2	
23_{II}	1 000	42.27	871	5.27	12.9		24_{II}	1 000	47.14	783	5.95	21.7	
23_{III}	1 000	47.96	753	5.23	24.7		24_{III}	1 000	52.05	713	5.51	28.7	
23_{IV}	1 000	56.55	617	5.64	38.3		24_{IV}	1 000	60.17	643	4.97	35.7	
23_{V}	1 000	69.60	521	6.10	47.9		24_{V}	1 000	72.45	527	7.27	47.3	
23_{VI}	1 000	77.42	424	6.42	57.6		24_{VI}	1 000	77.25	418	5.38	58.2	
25_{I}	1 000	49.48	857	3.54	14.3	Kuvat	26_{I}	1 000	69.40	498	4.62	50.2	Kuva
25_{II}	1 000	57.30	737	4.10	26.3	40, 22	26_{II}	1 000	79.02	387	6.19	61.3	41
25_{III}	1 000	68.80	603	4.61	39.7	47	26_{III}	1 000	73.18	502	4.40	49.8	
25_{IV}	1 000	67.10	628	3.71	37.2		26_{IV}	1 000	71.16	445	5.55	55.5	
25_{V}	1.000	73.65	422	6.33	57.8		26_{V}	1 000	73.37	413	5.93	58.7	
25_{VI}	1 000	72.72	417	5.80	58.3		26_{VI}	1 000	73.11	399	5.16	60.1	
25_{VII}	1 000	68.69	4.87	5.01	51.3								
27_{I}	1 000	89.70	231	8.22	76.9	Kuvat	28_{I}	1 000	50.04	579	3.78	42.1	Kuva
27_{II}	1 000	88.63	254	7.68	74.6	42. 48	28_{II}	1 000	65.44	474	4.73	52.6	43
27_{III}	1 000	89.21	275	6.87	72.5		28_{III}	1 000	82.25	376	6.65	62.4	
27_{IV}	1 000	49.50	828	1.87	17.2		28_{IV}	1 000	79.33	493	4.93	50.7	
27_{V}	—	—	—	—	—		28_{V}	1 000	86.27	27.1	7.69	72.9	
							28_{VI}	1 000	87.97	223	10.18	77.7	

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
29_{I}	1 000	46.72	647	2.89	35.3		30_{I}	1000	55.72	561	4.32	43.9	
29_{II}	1 000	73.70	528	5.11	47.2		30_{II}	1 000	64.30	441	4.35	55.9	
29_{III}	1 000	75.41	406	2.64	59.4		30_{III}	1 000	78.01	373	4.53	62.7	
29_{IV}	1 000	84.02	318	4.88	68.2		30_{IV}	1 000	78.31	413	3.73	58.7	
29_{V}	1 000	88.60	312	5.64	68.8		30_{V}	1 000	77.39	462	4.26	53.8	
29_{VI}	1 000	—	605	—	39.5		30_{VI}	1 000	82.07	452	3.03	54.8	
31_{I}	1 000	51.64	527	5.10	47.3	Kuva	32_{I}						Kuva
31_{II}	1 000	77.08	456	4.89	54.4	44	32_{II}						45
31_{III}	1 000	77.46	370	5.51	63.0		32_{III}						
31_{IV}	1 000	80.30	302	4.74	69.8		32_{IV}						
31_{V}	1 000	84.37	284	4.58	71.6		32_{V}						
31_{VI}	1 000	84.77	402	3.41	59.8		32_{VI}						
33_{I}							34_{I}						
33_{II}							34_{II}						
33_{III}							34_{III}						
33_{IV}							34_{IV}						
33_{V}							34_{V}						
33_{VI}							34_{VI}						

FROSTERUS (53; 1910; 29, 33, 34 ja 4; 1917; 35) on saanut tiiliteollisuudessa käytettyjen savien kuivumiskutistumisen näytekappaleissa, joissa savi on ollut vaivattua ja joiden on annettu ensin ilmakuivua ja sitten kuivattu kuivatusuunissa 100° C, seuraavaksi:

Näyte	Kuivauksessa: pituuskutistuminen	Kuivauksessa: volyymikutistuminen	Vastaa tutkimuksessani näytteitä:
	%	%	n:o
81	6.1	17.2	10—14
82	4.5	12.8	10—14
83	2.0	6.0	10—14
30	5.26	15.0	10—14
72	6.2	17.4	16—21
62	7.8	21.3	10—21
66	9.6	26.1	16—21
49 A	12.1	32.1	22—24

Huolimatta siitä, että näytteitten luontaista rakennetta FROSTERUKSEN tutkimuksessa ei oltu säilytetty, vastaavat samojen maalajien kutistumiset jotenkin hyvin toisiaan.

12. *Maan tehopinta.*

Jonkin maamäärän sisältämien kaikkien maahiukkasten pintojen yhteissumma on sen *tehopinta.*

Pallon pinta on $4\pi r^2 = \pi d^2$.

Jos d = 2, 0.2, 0.02, 0.002 ja 0.0002 mm, niin saadaan vastaavien pallojen pinta-alaksi:

d = 2	mm	.....	12.56636×100^{-1} cm²
d = 0.2	»	.....	12.56636×100^{-2} »
d = 0.02	»	.....	12.56636×100^{-3} »
d = 0.002	»	.....	12.56636×100^{-4} »
d = 0.0002	»	.....	12.56636×100^{-5} »
d = 1.0	»	.....	3.14159×100^{-1} »

Pallon tilavuus on $^4/_3\, \pi\, r^3 = {}^1/_6\, \pi\, d^3$.

Ilman suurta virheellisyyttä voidaan maahiukkasten keskimääräinen ominaispaino ottaa 2.7 (54; 1921; 583), jolloin kunkin maahiukkaspallon paino on

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \times 2.7 = \frac{\pi d^3}{6} \times 2.7 \text{ gr}$$

ja yhdessä (1) grammassa maata on

$$\frac{1}{\frac{\pi d^3}{6} \times 2.7} \text{ kappaletta hiukkaspalloja.}$$

Jos d = 2.0, 0.2 jne mm, on 1 grammassa samansuuruisia palloja:

d = 2	mm	.....	$88.4 \times 1\,000^0$ kpl.
d = 0.2	»	.....	$88.4 \times 1\,000^1$ »
d = 0.02	»	.....	$88.4 \times 1\,000^2$ »
d = 0.002	»	.....	$88.4 \times 1\,000^3$ »
d = 0.0002	»	.....	$88.4 \times 1\,000^4$ »
d = 1	»	.....	$707.4 \times 1\,000^0$ »

Yhdessä grammassa samansuuruisia palloja olevien hiukkasten tehopinta:

$$\text{(A)} \quad P_t = \frac{1}{\frac{\pi d^3}{6} \times 2.7} \times \pi d^2 = \frac{1}{\frac{d}{6} \times 2.7} = \frac{2.22}{d} \text{ cm}^2/\text{gr},$$

jossa d on otettava cm:ssä.

Hiukkasten tehopinta cm²/gr on siis kääntäen verrannollinen halkasijaan t. s. jos halkasija pienenee puolella, suurenee tehopinta 2 kertaiseksi jne.

1 grammassa on tehopinta P_t, kun

d = 2.0	mm	11.11×10^0 cm²
d = 0.2	»	11.11×10^1 »
d = 0.02	»	11.11×10^2 »
d = 0.002	»	11.11×10^3 »
d = 0.0002	»	11.11×10^4 »
d = 1	»	22.22×10^0 »

Sijoittamalla hiukkassuuruudet logaritmiasteikossa abskissa-akselille log 1 0-pisteenä sekä hiukkassuuruuksia vastaavat tehopinnat ordinaatta-akselille log 2.22 0-pisteenä, jolloin 0-pisteen tehopinta vastaa hiukkassuuruuden d = 2.22 mm tehopintaa ja on = 10 cm²/gr, saadaan kutakin hiukkassuuruutta (2–0.00002 mm) vastaava tehopinta ilmaistua graaf. taulussa suoraviivaisesti, kuva 49.

Kuva 48.

Lieteanalyysissä jakautuvat maahiukkaset ryhmiin. Nämä ryhmät sisältävät joukon erisuuruisia maahiukkasia määräsuuruuksien välillä. Käyttämässäni menetelmässä esim. jakautuivat hiukkaset ryhmiin, jotka sisältävät erisuuruisia hiukkasia >0.2, 0.2—0.02, 0.02—0.002 ja < 0.002 mm rajasuuruuksien välillä.

Kun $P_t = 22.22 \frac{1}{d}$, niin on rajasuuruuksien välillä olevien hiukkassuuruuksien d_1, ,d_2, d_3, ... d_n mm tehopinta:

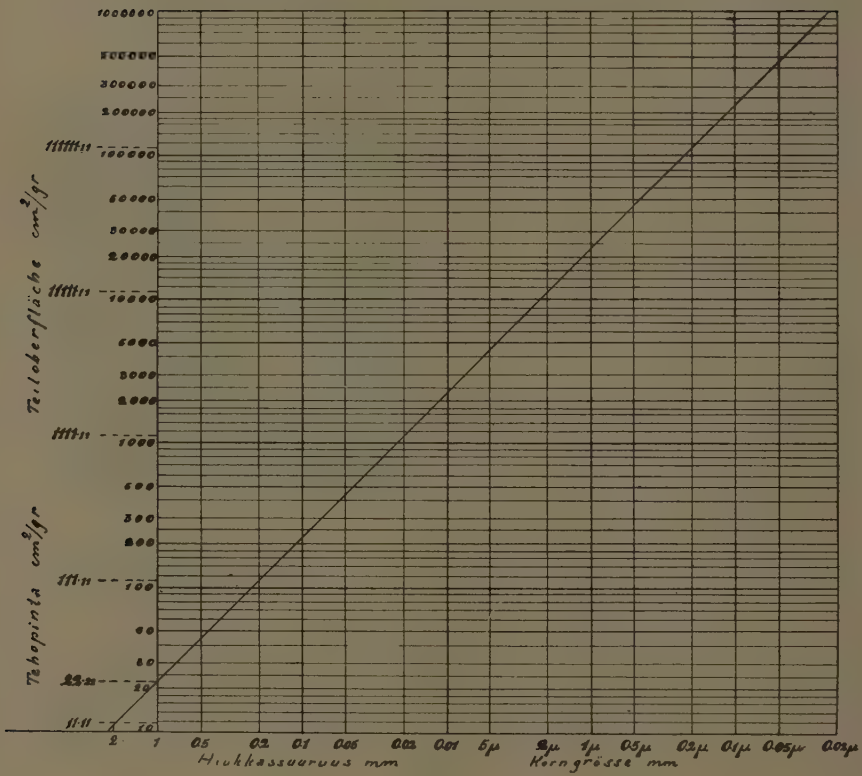
$$P_{tr} = 22.22 \left(\frac{g_1}{d_1} + \frac{g_2}{d_2} + \frac{g_3}{d_3} + \ldots\ldots + \frac{g_n}{d_n}\right),$$ jossa $g_1 + g_2 + g_3 + \ldots\ldots + g_n = 1$ gr.

Kun merkitsemme

$$d = \frac{1}{2^x} = 2^{-x}, \text{ niin}$$

$$x = -\frac{\log d}{\log 2}$$

Jos d = 2.0	mm,	niin	x = —	1.00000
d = 0.2	»	»	x =	2.321928
d = 0.02	»	»	x =	5.643856
d = 0.002	»	»	x =	8.965784
d = 0.0002	»	»	x =	12.287712
d = 0.0005	»	»	x =	10.965784
d = 0.0001	»	»	x =	13.287712
d = 0.00005	»	»	x =	14.287712



Kuva 49.

Jos tämä hiukkasryhmän toisen rajahiukkasen x-arvo on = x ja toisen rajahiukkasen = x_1, sekä merkitsemme näiden eroa

$$x_1 - x = a,$$

ja edelleen oletamme, että rajasuuruuksien välillä olevat hiukkaset jaetaan n ryhmään, jolloin kunkin ryhmän x-arvojen ero

$$\triangle x = \frac{a}{n}$$

ja että kutakin hiukkassuuruutta esiintyy painolleen yhtä paljon sekä kaikkia yhteensä 1 gr; niin on ensinnäkin x-arvojen x ja $x + \triangle x$ välillä olevien hiukkasten keskimääräinen hiukkassuuruus

$$d_1 = \frac{1}{2^{x + \frac{a}{2n}}}$$

sekä $x + \triangle x$ ja $x + 2\triangle x$ välillä olevien

$$d_2 = \frac{1}{2^{x + \frac{3a}{2n}}} \text{ jne.}$$

ynnä edelleen koko hiukkasryhmän

$$P_{tr} = 22.22 \left(\frac{\frac{1}{n}}{2^{x + \frac{a}{2n}}} + \frac{\frac{1}{n}}{2^{x + \frac{3a}{2n}}} + \frac{\frac{1}{n}}{2^{x + \frac{5a}{2n}}} + \ldots\ldots\ldots + \frac{\frac{1}{n}}{2^{x + \frac{(2n-1) \cdot a}{2n}}} \right)$$

$$= \frac{22.22}{n} \left(2^{x + \frac{a}{2n}} + 2^{x + \frac{3a}{2n}} + 2^{x + \frac{5a}{2n}} + \ldots\ldots\ldots\ldots + 2^{x + \frac{(2n-1) \cdot a}{2n}} \right)$$

$$= \frac{22.22}{n} \cdot 2^{x + \frac{a}{2n}} \left(1 + 2^{\frac{a}{n}} + 2^{\frac{2a}{n}} + 2^{\frac{3a}{n}} + \ldots\ldots\ldots\ldots + 2^{(n-1) \cdot \frac{a}{n}} \right)$$

Kun asetetaan $2^{\frac{a}{n}} = q$, saadaan

$$P_{tr} = \frac{22.22}{n} \cdot 2^{x + \frac{a}{2n}} (1 + q + q^2 + q^3 + \ldots\ldots\ldots + q^{n-1})$$

$$= \frac{22.22}{n} \cdot 2^{x + \frac{a}{2n}} \cdot \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

$$= \frac{22.22}{n} \cdot 2^{x + \frac{a}{2n}} \cdot \frac{2^a - 1}{2^{\frac{a}{n}} - 1}$$

Mutta nyt on

$$\lim_{n=\infty} \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{2^{\frac{a}{n}} - 1} = \left| \frac{\frac{d\frac{1}{n}}{dn}}{\frac{d(2^{\frac{a}{n}} - 1)}{dn}} \right|_{n=\infty} = \left| \frac{-\frac{1}{n^2}}{-2^{\frac{a}{n}} \cdot \ln 2^a \cdot \frac{1}{n^2}} \right|_{n=\infty} = \left| \frac{1}{2^{\frac{a}{n}} \cdot \ln 2^a} \right|_{n=\infty} = \frac{1}{\ln 2^a}$$

Täten, kun $n = \infty$,

$$P_{tr} = 22.22 \cdot 2^x \cdot \frac{2^a - 1}{\ln 2^a};$$

$$\ln 2^a = 2.302585 \cdot a \cdot \log 2$$
$$= 2.302585 \cdot 0.30103 \cdot a$$

$$P_{tr} = \frac{22.22}{0.693147} \cdot 2^x \cdot \frac{2^a - 1}{a}$$

Kun $a = x_1 - x$

$$\text{(B)} \quad P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^x (2^{x_1 - x} - 1)}{x_1 - x} = 32.059889 \cdot \frac{2^{x_1} - 2^x}{x_1 - x} \text{ cm}^2/\text{gr.}$$

Kaavan B:n johto on samantapainen kuin ZUNKER'in (54; 1921; 571—574) käyttämä.

Kaavan (B) mukaan saadaan eri hiukkasryhmäin tehopinta P_{tr} seuraavaksi:

2—0.2 mm:	$P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^{2.322} - 2^{-1}}{2.322 - (-1)}$	= 43.42	cm^2/gr
0.2—0.02 »	$P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^{5.644} - 2^{2.322}}{5.644 - 2.322}$	= 434.19	»
0.2—0.002 »	$P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^{8.966} - 2^{5.644}}{8.966 - 5.644}$	= 4 341.89	»
2—0.2 μ	$P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^{12.288} - 2^{8.966}}{12.288 - 8.966}$	= 43418.86	»
2—0.5 μ	$P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^{10.966} - 2^{8.966}}{10.966 - 8.966}$	= 24043.62	»
2—0.1 μ	$P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^{13.288} - 2^{8.966}}{13.288 - 8.966}$	= 70 459.80	»
2—0.05 μ	$P_{tr} = 32.059889 \cdot \frac{2^{14.288} - 2^{8.966}}{14.288 - 8.966}$	= 117500.00	»

ZUNKER on ottanut käytäntöön (54; 1921; 570) käsitteen maan spesifikinen tehopinta ja määrittelee (55; 1926; 239), että se on luku, joka ilmoittaa, kuinka monta kertaa suurempi jonkin maan tehopinta on kuin saman painomäärän maata, jonka hiukkasten halkasija on tarkoin 1 mm.

Yhdessä grammassa 1 mm:n suuruisia hiukkasia on tehopinta 22.22 cm^2, kun maan ominaispaino on 2.7, joten määritelmä merkitsee, että maan spesifikinen tehopinta on n. $\frac{1}{22.22}$ osa koko hiukkaspintain alasta. Kun koko hiukkaspinta-alaa vastaavat luvut eivät

ole varsin suuria, eivätkä mainitun jaon kautta sanottavasti pienenisi, niin olen pitänyt tarkoituksenmukaisempana käyttää laskelmissani tehopintaa sellaisenaan ilmaistuna cm^2:ssä 1 grammaa kohti (cm^2/gr).

ZUNKER on laskenut spes. tehopinnan johtamansa kaavan:

$U = 1.44266 \cdot \frac{2^e - 2^a}{e - a}$ avulla, jossa e ja a ovat hiukkasryhmää rajoittavien hiukkasten 2^{-e} ja 2^{-a} mm absoluuttisia eksponentteja, ja saanut eri hiukkasryhmille taulukossa XIII näkyvät spes. tehopinnat (39; 1923; 171); taulukkoon olen lisännyt myöskin ZUNKERin käyttämiä hiukkasryhmiä vastaavat absoluuttiset tehopintain alat.

Taulukko XIII. **Tabelle XIII.**

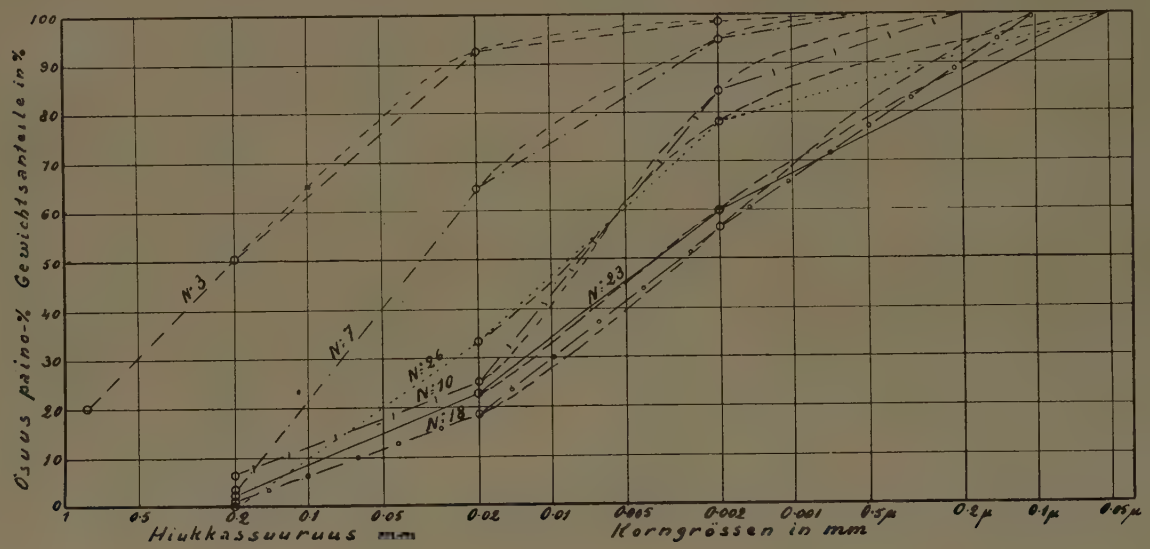
Hiukkasryhmä Korn. gruppe mm	Spes. tehopinta U. Specifische Oberfläche U	P = U. 22.22 cm^2/gr
4—2	0.361	8.022222
2—1	0.721	16.029555
1—0.5	1.443	32.05911
0.5—0.2	3.274	72.75133
0.2—0.1	7.213	160.29555
0.1—0.05	14.427	320.59111
0.05 —0.01	49.704	1 104.53333
0.01 —0.005	144.266	3 205.91111
0.01 —0.002	248.520	5 522.6666
0.005—0.002	327.381	7 275.13333
0.002—0.001	721.330	16 029.5555
0.05 —0.015625	37.824	840.5333

Jos P_{tr_1}, P_{tr_2}, P_{tr_3}, ..., P_{tr_n} merkitsevät eri hiukkasryhmien tehopintaa cm^2/gr ja p_1, p_2, p_3 ..... p_n eri hiukkasryhmien %-osuutta koko näytteen painosta, on maanäytteen tehopinta:

$$(1) \qquad P_t = \frac{P_{tr_1} \cdot p_1}{100} + \frac{P_{tr_2} \cdot p_2}{100} + \frac{P_{tr_3} \cdot p_3}{100} + \ldots\ldots + \frac{P_{tr_n} \cdot p_n}{100} \; cm^2/gr.$$

Edellä olevissa laskelmissa on edellytetty, 1) että hiukkaset ovat pallon muotoisia, 2) että maan ominaispaino on 2.7 sekä 3) että hiukkasryhmissä hiukkassuuruus muuttuu samantapaisesti yhtäjaksoisesti ja kutakin hiukkassuuruutta on hiukkasryhmässä painolleen yhtä paljon, kuten edellä (siv. 92—93) on jo mainittu.

Tosiasiassa ovat maahiukkaset muodoltaan tavallisesti varsin vaihtelevia ja vain poikkeustapauksessa pallonmuotoisia. Kun pallon pinta volyymiinsa nähden on alaltaan pienin, merkitsee hiukkasten pallosta poikkeava muoto pinnan lisäystä ja siis sitä, että


Osuus paino-% Gewichtsanteile in %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
N:3
N:7
N:26
N:10
N:18
N:23
1
0·5
0·2
0·1
0·05
0·02
0·01
0·005
0·002
0·001
0·5μ
0·2μ
0·1μ
0·05μ
Hiukkassuuruus mm
Korngrössen in mm

Kuva 50.

tehopinta itse asiassa on maassa edellä esitettyä suurempi. Vaikkakaan siis esitetyllä tavalla saatu tehopinta ei olekaan absoluuttisesti oikea, voisi se kuitenkin, mikäli hiukkasmuodot eri maalajeissa ja hiukkasryhmissä ovat samanlaisia, olla suhteellisesti varsin oikeaan osuva. Kuitenkin saattaa muotoonkin nähden olla huomattavissa erilaisuutta. Rapautumalla syntyneissä maissa ovat hiukkaset useasti varsin teräväsärmäisiä, kun taasen liettymällä syntyneissä maissa särmät ovat pyöristyneitä. Myöskin eri hiukkassuuruuksien välillä on ilmeisesti eroavaisuutta muotoon nähden olemassa. On esitetty esim., että kolloidiset hiukkaset olisivat muodoltaan suomusmaisia ja toisaalta on sanottu, että kolloidit voivat muotoaan muuttaakin. Täten olisi siis tehopinta kolloidihiukkasiin nähden variaabeli.

Jos kuitenkin otetaan huomioon, että hiukkaspinta hiukkassuuruuden pienetessä lisääntyy kovin nopeasti, käy selväksi, että hiukkasen muoto hiukkassuuruuteen verrattuna jää tässä suhteessa vähän merkitseväksi. Käytännön kannalta voidaan tämän vuoksi pitää varsin riittävänä niitä suhteellisia arvoja, mitä edellä esitetyllä tavalla laskettuna saadaan.

Mitä erittäin tulee siihen virheellisyyteen, mikä koituu siitä, että maan ominaispaino on otettu 2.7, merkitsee se, jos otaksumme, kuten tavallisessa kivennäismaissa on laita, ominaispainon vaihtelevan 2.56 ja 2.84 välillä, 5 %:n maksimi-virhettä. Tämä virhe on myöskin kokonaan helposti eliminoitavissa pois seuraavan kaavan mukaan:

$$P_{ts} = \frac{P_t \cdot 2.7}{s},$$

jossa s = maan ominaispaino.

Otaksuma 3) vaikuttaa virheellisesti siten, milloin hienompien hiukkasten hiukkasryhmän %-osuus on suurempi kuin edellisen, että tehopinta tulee tavallisesti todellista pienemmäksi ja päinvastoin, milloin isompien hiukkasten hiukkasryhmän %-osuus on suurempi kuin sitä seuraavan lähinnä hienomman hiukkasryhmän, tulee tehopinta todellista suuremmaksi. Tämäkin virheellisyys olisi likipitäen korjattavissa n. s. hiukkasosuuskäyrän avulla. Graaf. piirroksessa, kuva 50, on nähtävissä tällainen hiukkasosuuskäyrä näytteisiin 3_{III}, 7_{III}, 10_{III}, 18_{III}, 23_{III} ja 26_{IV} nähden. Piirroksessa merkitsevät suoraviivaisesti kulkevat murtoviivat analyysitulokseen perustuvaa hiukkasosuuskäyrää ja koko ajan kaartaen kulkevat vastaavat käyrät todennäköistä eri hiukkassuuruuksien osuuskäyrää. Esim. näytteissä 3_{III} ja 7_{III} on laskettu tehopinta kokomatkan liian suuri ja näytteissä 10_{III} ja 26_{IV} likipitäen hiukkassuuruuteen 0.006 sekä 18_{III}:ssä ja 23_{III}:ssä n. 0.002 asti liian pieni. Poikkeamiset ovat

kuitenkin verraten vähäisiä ja voidaan hiukkassuuruuteen 0.002 asti käytännössä vähän merkitsevinä jättää huomioon ottamatta.

0.002:sta alaspäin saattaa sen sijaan virheellisyys suoraviivaisuudesta olla huomattava, niinpä näytteessä 26_{IV}, jos tehopinta lasketaan suoraviivaisesti, on se (päätepiste 0.05 μ) 43 419 cm^2/gr, kun taasen kuvassa 50 esitetyn käyrän suunnan mukaan vain n. 35 629 cm^2/gr eli n. 18 % vähempi. Koko näytteen tehopintaan nähden aiheutuisi tästä kuitenkin k. o. tapauksessa vain n. 2.8 % virhe. ZUNKER (39; 1923; 185—187) on esittänyt virheellisyyden siitä, otetaanko hiukkasosuuskäyrä loppupisteeseen suoraviivaisesti vai paraboolisesti, nousevan edellisessä tapauksessa juoksuhiedassa 12 %, hietavassa savessa 15 %, sekä tavallisessa ja lihavassa savessa 20 % k. o. hiukkasryhmään nähden liian suureksi. KRAUSS (56; 1923; 111, 112 ja 57; 1925; 35, 36), joka määrää spes. tehopinnan hiukkassuuruusryhmistä graafisesti, katsoo, että kolmen pisteen avulla määrätty pintakäyrä sen pienen kaarevuuden vuoksi on riittävän tarkka.

Vaikeammin ratkaistavissa ja suurempia virheellisyyksiä aiheuttava kysymys kuin käyrän muoto onkin, mitenkä pitkälle hienomman hiukkasryhmän $<$ 0.002 mm alaraja on ulotettava, kun ei ole hienompien hiukkasten koosta ja niiden %-osuudesta tietoa. $>$ 0.2 ryhmän ylärajan määräämisessä mahdollisesti tapahtuva virheellisyys sensijaan jää merkityksettömäksi, kun näiden hiukkasten vaikutus tehokkaan pinnan kokonaismäärään on vähäinen.

Riippuen siitä, otetaanko alaraja ryhmässä $<$ 0.002 esim. 0.0005, 0.0002 tai 0.0001 taikka 0.00005 on tehopinta, kuten ennen on esitetty joko 24 044, 43 419 tai 70 460 taikka 117 500 cm^2/gr, joten eroavaisuus äärimmäisissä tapauksissa on lähes 5-kertainen. ZUNKER (39; 1923; 186) on lihavaan saveen nähden ottanut alarajaksi n. 0.00006, joka vastaa suoraa jatkosuuntaa edellisessä hiukkasryhmässä vallinneelle suunnalle, ja muihin näytteisiin nähden 0.00008—0.00013.

KRAUSS [(57; 1925; 36) ja (26; 1926; 369) ulottaa käyränsä alarajan 0.0002 mm ja sittemmin v. 1928 myös (8; 1928; 103—105) vain 0.0005 mm.

Ryhmän $<$ 0.0002 mm hiukkasten prosenttiosuuden määrääminen olisi omiansa selventämään varsin riittävästi käyrän loppuosan kulun. Tämä oikea suoritus tuottaa kuitenkin teknillisiä vaikeuksia ja yhä edelleen ollaan pakotettuja käyttämään tässä suhteessa arviota.

Yhtenä perusteena tällaisessa arviossa voidaan mielestäni käyttää kutistumisilmiötä. Kutistumisilmiöhän on riippuva suureksi osaksi hienointen hiukkasten määrästä. Milloin kutistuminen on suuri, on todennäköistä, että hienompien kolloidisten hiukkasten prosentti-

osuus ryhmässä < 0.002 on varsin suuri ja päinvastoin. Niinpä esim. näytteissä 22—26, vaikkakin niissä ryhmän < 0.002 prosenttiosuus ei ole varsin suuri, on suuri kutistuvaisuus todisteena kolloidihiukkasten erikoisesta hienoudesta, kun taasen näytteissä 10—14 pieni kutistuvaisuus huolimatta melko suuresta saviainesten %-osuudesta on todisteena hienompien savihiukkasten pienestä %-osuudesta ryhmässään. Lähemmän tutkimuksen kautta kutistumisen ja kolloidihiukkasten keskinäiseen suhteeseen nähden ottamalla samalla huomioon huokoisprosentti päästäisiin varmaankin k. o. tarkoituksen tarvetta riittävästi selventävään tulokseen. Tutkimukseni päämäärään nähden ei se kuitenkaan ole tässä tarpeen ja pidän riittävän tarkkoina tuloksia, jotka olen saanut käytettäessäni alarajana näytteissä 1, 2, 3_I 3_{IV}, 4_I—4_{IV}, 5_I 5_{III}, 6, 7, 8 ja 9_I—9_{IV} sekä 27_{IV} 0.5μ ja näytteissä 3_V—3_{VI}, 4_V—4_{VI}, 5_V—5_{VI}, 9_V—9_{VI} ja 10—14 ..... 0.2μ ja näytteissä 15—21 0.1μ sekä näytteissä 22—26 0.05μ.

Tehopinnan määräämisessä käytetään myöskin toista menetelmää, joka perustuu hygroskooppisuuteen.

Mitscherlich (40; 1920; 75—78) olettaen Ehrenbergin esityksen mukaisesti, että hiukkasten pinnalle asettuu 10-kertainen vesimolekyylikerros ja ottaen vesimolekyylin halkasijan 0.0000025 mm:ksi, on laatinut maan absoluuttisen tehopinnan määräystä varten kaavan:

$$F = w_H \cdot 4 \text{ m}^2, \text{ jossa}$$
$$F = \text{tehopinta ja}$$
$$w_H = \text{hygroskooppisuusluku.}$$

Kaavaansa sovelluttaen hän on laskenut tehopinnan eri maalajeihin nähden seuraavaksi:

Maalaji	w_H	Tehopinta	
		m²/gr	cm²/gr
Hienoa kvartsihietaa	0.034	0.136	1 360
Hietamaata	1.06	4.24	42 400
Savihietaa	1.40	5.60	56 000
Hietasavea	2.09	8.36	83 600
Kevyttä savea	3.00	12.00	120 000
Hiesusavea	6.54	26.16	261 600
Lihavaa savea	23.81	95.24	952 400

Täten määrätty tehopinta on noin 8—50 kertaa suurempi kuin edellä esitetyllä tavalla määrätty. Eroavaisuus hiekkamaihin nähden on suurin ja savirikkaihin maihin nähden pienin. Se, että eroavaisuus juuri hiekkavissa maissa on suurin, osoittaa, ettei tuloksien erilaisuuteen ole vaikuttamassa yksinomaan hiukkasten sisäinen pinta.

sillä senhän vaikutuksen tulisi olla pienimmän juuri hiekkavissa maissa; lisäksi jo eroavaisuuksien suuruus tekee mahdottomaksi oletuksen, että se johtuisi vain sisäisestä pinnasta. Aivan ilmeisesti arvio 10 vesimolekyylin vesivahvuudesta on virheellinen.

Esim. lihavissa savimaissa (16—21) on $w_H = 14$, jolloin tehopinta olisi 560 000 cm^2/gr. Graaf. piirroksesta, kuva 49, näkyy, että keskihiukkassuuruuden tulisi tällöin olla n. 0.04 μ, jota nykyisen käsityskannan mukaan on pidettävä mahdottomana. Teoreettisestikin on oletus mahdoton, koska se edellyttää, että hiukkasia ympäröivä vesikerros olisi ominaisuudeltaan kuin kiinteä kelmu eikä nestemäinen, kuten asia on.

Silti on aivan luonnollista että hygroskooppisuus ja tehopinta suurin piirtein liikkuvat samaan suuntaan, vaikkakaan ei yhdensuuntaisesti.

Jo Zunker (54; 1921; 582—594 ja 39; 1923, 192, 193) ja myöhemmin m. m. Neugebohrn (58; 1927; 230—269) ovat tuoneet esiin monia seikkoja, joiden perusteella selviää hygroskooppisuuteen nojautuvan tehopinnan määräyksen virheellisyys. Tämän vuoksi en pidä tarpeellisena asiaa tässä perusteellisemmin käsitellä enkä liioin tuoda esiin myöskään kysymystä orgaanisten nesteiden käyttämisestä yksinomaan ulkoisen tehopinnan määräämiseksi maassa.

Esitetyistä syistä en ole tehopinnan määräyksissä käyttänyt Mitscherlichin esittämää hygroskooppisuuteen perustuvaa menetelmää.

Janert on esittänyt (59; 1927; 440—468) hygroskooppisuuden asemesta käytettäväksi kostumislämmön määräämistä kalorioissa 1 grammaa kohti ja hän pitää, että kostumislämpö on varsin varma ja herkkä mitta fysikaalisesti vaikuttavan tehopinnan määräämisessä. Tutkimuksissaan hän on tullut tulokseen (59; 1927; 456—458), että kostumislämpö ja hygroskooppisuus muuttuvat miltei täysin yhdenmukaisesti, niin että

$$B_w = \frac{w_H}{1.73} \text{ kal/gr likipitäen.}$$

Mikäli asia on näin, on kostumislämmön käytöllä tehopinnan määräämisessä samat virheellisyydet kuin hygroskooppisuudella.

Yleensä määrätään tehopinta vain painoyksikköä kohti. Zunker (54; 1921; 598, 599) puoltaa tätä menettelyä sillä, että huolimatta volyymipainon hyvinkin suuresta vaihtelusta (vaikkapa se olisi 20 % keskimääräisestä volyymipainosta) sen vaikutus käytännöllisessä sovellutuksessa jää kuitenkin vähäiseksi, kuten esim. ojaetäisyys kaavassa $E = a - b\sqrt[3]{U}$.

Tutkimukseni mukaan vaihtelevat maassamme kivennäismaiden maavolyymipainot näytteiden ottotilavuuden mukaan, ottamatta huomioon ruokamultakerrosta: 1.6935—0.5298, ja ilmakuivissa näytteissä 1.8390—1.0385.

Poikkeus keskimäärästä on siis edellisessä tapauksessa yli 40 % ja jälkimmäisessä likipitäen 30 %. Tämä sovellutettuna äsken mainittuun ojaetäisyyskaavaan saattaa merkitä jopa aina 3 metrin ojaetäisyyseroa ja n. 30 % poikkeusta siitä, mitä saadaan, kun tehopinta lasketaan painoyksikköä kohti.

Kun vain volyymia kohti määrätty tehopinta tuo oikein esille sen fysikaalisen vaikutuksen, kun tutkimuksessa määräämäni volyymipainon tunteminen tekee tarpeellisen laskelman helposti suoritettavaksi sekä kun tämän kautta tehopintaan perustuvien kaavojen antamat tulokset korjautuvat käsitykseni mukaan oikeaan suuntaan, vaikkakaan nähtävästi ei riittävästi, niin olen määrännyt tehopinnan myös volyymiyksikköä kohti eli cm^2/cm^3.

Kun P_t = tehopinta cm^2/gr
ja P_{tv} = » cm^2/cm^3
ja w_p = maan volyymipaino, niin

(D) $P_{tv} = P_t \cdot w_p$

Sovelluttamalla kaavoja A, B, C, ja D, olen laskenut näytteiden 1—24, 25_{III}—25_{VII} sekä 27_{IV} tehopinnat.

Orgaanisiin maihin nähden sen sijaan en ole määrännyt tehopintaa ensinkään.

Tulokset näkyvät taulukosta XIV.

13. *Maan vedenläpäisykyky.*

Maan vedenläpäisykyvyllä on kulttuuriteknillisiin päätehtäviin kuivatukseen ja vesitykseen aivan määräävä merkitys, joten sen tarkka tunteminen olisi mitä tärkeintä.

Muiden maaperätutkimuksien ohella onkin kehittynyt useita eri menetelmiä tämän ominaisuuden määräämiseksi maassa.

Nämä menetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään, joista

1) toisessa käytetään läpäiseväisyystutkimuksissa ilmakuivaa pulverisoitua ja neliömäiseen tai pyöreään metalli- tai lasiputkeen pakattua maanäytettä ja
2) toisessa taasen näytettä, jossa maan luontainen struktuuri on säilytetty.

Taulukko XIV. **Tabelle XIV.**

Näytteiden Proben N:o	Spes. tehopinta ottovolyymiin nähden Spez. Teiloberfläche bezogen auf das Volumen bei der Entnahme cm²/gr	Tehopinta Teiloberfläche bezogen auf: ottovolyymiin nähden das Volumen bei der Entnahme cm²/cm³	Tehopinta Teiloberfläche bezogen auf: ilmakuivaan volyymiin nähden das lufttrockene Volumen cm²/cm³	Näytteiden Proben N:o	Spes. tehopinta ottovolyymiin nähden Spez. Teiloberfläche bezogen auf das Volumen bei der Entnahme cm²/gr	Tehopinta Teiloberfläche bezogen auf: ottovolyymiin nähden das Volumen bei der Entnahme cm²/cm³	Tehopinta Teiloberfläche bezogen auf: ilmakuivaan volyymiin nähden das lufttrockene Volumen cm²/cm³
1	2	3	4	1	2	3	4
1_{I}	894	988	1 031	2_{I}	2 353	2 768	3 405
1_{II}	778	973	998	2_{II}	1 708	2 412	2 740
1_{III}	690	1 011	1 011	2_{III}	1 422	2 082	2 429
1_{IV}	621	947	947	2_{IV}	586	900	972
1_{V}	707	1 107	1 107	2_{V}	1 051	1 660	1 794
1_{VI}	396	602	602	2_{VI}	814	1 232	1 378
3_{I}	1 234	1 410	1 571	4_{I}	1 408	1 686	1 897
3_{II}	216	305	307	4_{II}	1 376	2 089	2 255
3_{III}	678	977	977	4_{III}	1 357	2 297	2 495
3_{IV}	1 020	1 565	1 613	4_{IV}	1 252	2 047	2 232
3_{V}	12 779	18 870	19 070	4_{V}	8 494	12 510	13 850
3_{VI}	13 418	18 970	19 945	4_{VI}	8 011	12 780	13 720
5_{I}	688	811	900	6_{I}	5 614	7 230	8 350
5_{II}	235	381	406	6_{II}	3 550	5 095	5 610
5_{III}	536	815	849	6_{III}	3 358	5 000	5 180
5_{IV}	28 116	37 000	45 550	6_{IV}	1 223	2 030	2 030
5_{V}	12 351	16 660	20 380	6_{V}	489	706	—
5_{VI}	11 073	15 775	18 105	6_{VI}	—	—	—
7_{I}	2 943	2 924	3 450	8_{I}	3 424	3 490	4 020
7_{II}	3 370	4 470	4 970	8_{II}	3 266	3 290	3 860
7_{III}	3 980	5 130	5 430	8_{III}	3 753	4 625	4 815
7_{IV}	4 307	5 485	5 910	8_{IV}	4 328	5 070	5 415
7_{V}	5 248	6 090	6 780	8_{V}	4 712	5 510	5 950
7_{VI}	4 970	5 760	6 450	8_{VI}	5 070	5 410	6 385
9_{I}	3 135	3 065	4 075	10_{I}	5 387	6 000	6 280
9_{II}	3 312	4 105	4 525	10_{II}	9 241	15 265	15 575
9_{III}	3 463	4 210	4 590	10_{III}	9 899	15 775	15 980
9_{IV}	4 383	5 030	5 605	10_{IV}	13 440	21 740	22 030
9_{V}	8 744	11 360	12 260	10_{V}	13 866	22 450	22 520
9_{VI}	9 786	16 000	17 250	10_{VI}	12 419	19 440	19 640
11_{I}	5 848	6 690	7 200	12_{I}	7 108	9 300	9 880
11_{II}	9 558	14 380	15 370	12_{II}	7 665	11 570	11 865
11_{III}	10 547	16 920	16 990	12_{III}	9 941	16 400	17 000
11_{IV}	12 288	19 810	20 310	12_{IV}	13 580	22 040	22 600
11_{V}	13 518	21 270	21 540	12_{V}	15 948	24 040	25 030
11_{VI}	12 077	19 120	19 410	12_{VI}	16 303	25 130	25 760
13_{I}	9 246	13 425	15 010	14_{I}	8 409	8 810	10 830
13_{II}	14 477	21 410	25 800	14_{II}	10 494	13 190	15 310
13_{III}	12 430	18 260	20 950	14_{III}	11 503	14 790	16 910
13_{IV}	14 513	20 770	23 460	14_{IV}	12 398	15 675	19 175
13_{V}	17 570	24 020	29 230	14_{V}	11 099	14 210	17 310
13_{VI}	13 176	18 770	20 660	14_{VI}	16 574	21 120	26 430

1	2	3	4	1	2	3	4
15_{I}	11 833	11 275	14 635	16_{I}	18 812	20 840	26 220
15_{II}	24 848	33 560	42 880	16_{II}	33 313	41 250	55 080
15_{III}	24 257	33 560	43 600	16_{III}	36 106	41 580	57 750
15_{IV}	22 965	30 150	41 350	16_{IV}	33 801	39 370	50 350
15_{V}	24 900	27 720	40 240	16_{V}	31 797	36 550	48 060
15_{VI}	26 839	27 540	44 350	16_{VI}	32 991	34 180	51 440
17_{I}	16 990	15 950	19 410	18_{I}	17 708	20 650	24 870
17_{II}	19 614	26 860	30 770	18_{II}	26 641	32 420	43 770
17_{III}	30 324	39 680	49 400	18_{III}	33 408	40 930	55 850
17_{IV}	34 037	44 370	52 790	18_{IV}	40 179	45 800	62 460
17_{V}	36 414	47 150	55 330	18_{V}	36 705	37 300	51 560
17_{VI}	37 563	45 300	55 350	18_{VI}	36 728	39 100	55 610
19_{I}	20 865	21 350	26 410	20_{I}	17 201	17 545	20 910
19_{II}	27 989	33 960	44 850	20_{II}	24 816	28 580	39 650
19_{III}	35 002	41 150	56 920	20_{III}	35 006	39 450	58 200
19_{IV}	37 750	45 630	60 750	20_{IV}	37 818	42 550	60 800
19_{V}	36 209	42 150	56 320	20_{V}	39 000	45 060	62 300
19_{VI}	32 629	37 320	56 600	20_{VI}	39 889	42 010	—
21_{I}	14 595	15 620	18 840	22_{I}	15 174	14 290	17 650
21_{II}	29 583	36 050	46 100	22_{II}	49 822	45 530	60 100
21_{III}	32 487	41 870	54 710	22_{III}	47 415	37 100	57 000
21_{IV}	40 536	48 100	67 600	22_{IV}	41 073	30 910	54 700
21_{V}	43 258	48 510	67 200	22_{V}	45 029	32 150	56 900
21_{VI}	40 426	43 230	59 860	22_{VI}	—	—	—
23_{I}	16 673	12 870	14 115	24_{I}	23 748	20 760	24 490
23_{II}	41 237	35 340	40 560	24_{II}	27 149	24 040	30 660
23_{III}	47 800	37 410	49 650	24_{III}	50 990	44 560	62 490
23_{IV}	42 936	29 030	47 050	24_{IV}	39 631	32 020	49 800
23_{V}	39 493	24 330	46 700	24_{V}	46 587	28 500	54 030
23_{VI}	29 850	15 830	37 320	24_{VI}	36 091	20 560	49 180
25_{I}	(6 815)	(3 845)	(4 490)	26_{I}			
25_{II}	(7 568)	(4 350)	(5 900)	26_{II}			
25_{III}	19 023	12 350	20 490	26_{III}			
25_{IV}	14 221	11 530	18 360	26_{IV}			
25_{V}	46 090	30 460	72 200	26_{V}			
25_{VI}	30 891	21 240	50 900	26_{VI}			
25_{VII}							
27_{I}							
27_{II}							
27_{III}							
27_{IV}	10 407						

Edellistä tapaa ovat käyttäneet m. m. (60; 1928; 366) Darcy, Seelheim, Kröber, Wollny, Wolff, Hazen, Slichter, Krüger, Zunker, Schönwälder.

Yleistääkseen tutkimuksiensa tulokset käytäntöä varten ovat useat näistä tutkijoista laatineet maan läpäiseväisyyden määräämistä varten kaavan, joka perustuu johonkin maata tässä suhteessa karakterisoivaan ominaisuuteen.

Tällaisena karakteristisena ominaisuutena useat käyttävät hiukkassuuruutta sellaisenaan tai yhdessä huokoisuuden kanssa, toiset teho- tai spes. tehopintaa huokoisuuden yhteydessä, joka käy ilmi heidän läpäiseväisyyden määräämistä varten laatimistaan seuraavista kaavoista (60; 1928):

SEELHEIM: $v = \eta \cdot d^2 \cdot J$ cm/sek.

KRÖBER: $v = \eta \left(\frac{d}{90} \cdot J\right)^{\frac{0.8 + d}{0.8 + 2d}}$ cm/sek.

HAZEN: $v = \eta\, d_w{}^2 \cdot J$ cm/sek.

SLICHTER: $v = \eta \frac{J \cdot d^2}{K}$ cm/sek.

KRÜGER: $v = \eta \frac{J \cdot p}{O_r{}^2}$ cm/sek

ZUNKER: $v = \eta \frac{J \cdot p}{(1 - p)^2 \cdot U^2}$ cm/sek.

KOZENY: $v = \frac{\gamma \cdot J}{\mu} \cdot c \cdot \frac{p^3}{36 \cdot (1 - p)^2} \cdot d_w{}^2$ cm/sek.

SCHÖNWÄLDER: $v = 1.048 \left(\frac{p}{1 - p) \cdot U}\right)^2 \cdot J$ cm/sek.

η = konstantti apuarvo.
d = keskimääräinen hiukkassuuruus
d_w = tehoisa hiukkassuuruus
J = painekorkeus
O_r = tehopinta cm^2/cm^3
p = huokoisvolyymi
U = spes. tehopinta
γ = spes. paino
μ = veden sisäinen kitka
c = luku, joka on riippuva hiukkasen poikkileikkauksen muodosta.
K = tekijä, joka riippuu huokoisuudesta.

Edellä esitetyt luvut edellyttävät, että maassa vesi täyttää koko huokoistilavuuden.

SCHÖNWÄLDER tutki myös millä tavoin maan läpäisykyky muuttuu, jos sen huokoistossa veden ohella on myös ilmaa ja sai tulokseksi kaavan (60; 1928; 382; 389)

$$v = 0.524 \left(\frac{p}{(1 - p) \cdot U}\right)^2 \cdot J \text{ cm/sek.},$$

joten maassa olevan ilman vaikutuksesta läpäiseväisyys supistuu sen mukaan likipitäen puoleen.

Ne kovin erilaiset tulokset läpäiseväisyyskokeissa, joista edellä olevat kaavat ovat todisteena, ovat varmaankin suureksi osaksi johtuneet siitä, että itse kokeessa ei ole tarpeeksi kiinnitetty huomiota näytteessä olevaan ilmaan.

Kun maa on näissä tutkimuksissa ollut keinollisesti pakattua, on tietenkin myös aivan sattuman varassa, missä määrin näyte struktuurilleen vastaa luontaista maata, ja kokeen antamien tuloksien sovelluttamista maahan, josta näyte on otettu, on pidettävä virheellisenä. Maassa esiintyy luonnossa usein toisaalta palsitiivistymiä, toisaalta halkeamia sekä toukkien, matojen ja juurien tekemiä reikiä, jotka saattavat vaikuttaa maaperän läpäiseväisyyteen aivan määräävästi, kuten esim. WESTERMANNin tutkimuksista on käynyt selville (61; 1921; 25, 26), joissa maan läpäiseväisyys luonnontilassa oli 3.1 m/vuorokaudessa, mutta pulverisoidussa ja pakatussa näytteessä vain 0.002 m/vuorokaudessa.

Tämän vuoksi ovatkin useat tutkijat läpäiseväisyyskokeissa käyttäneet edellämainittua toista menetelmää, jossa läpäisykoe suoritetaan maassa, minkä luontainen rakenne on säilytetty.

KOPÉCKY (19; 1914; 41—43), joka m. m. huomauttaa pakatuilla näytteillä suoritettujen kokeiden paikkansa pitämättömyydestä luonnossa, ottaa maasta sen luonnollisessa olotilassa näytteen messinkisylinteriin, jonka halkasija on 50.5 mm ja korkeus 100 mm; (myöhemmin hän on käyttänyt sylinteriä, jonka halkasija on 80 mm ja korkeus 40 mm). Itse läpäisykokeessa hän käytti 50 mm:n vesivahvuutta ja määritteli, että määrätyn maalajin relatiivisella läpäisykyvyllä on ymmärrettävä sitä vesimäärää cm^3:ssä, joka 24 tunnissa virtaa läpileikkaukseltaan 10 cm^2 ja korkeudeltaan 10 cm vahvan maapilarin läpi.

Kuten jo aikaisemmin olen maininnut (sivu 27), on useissa maalajeissa mahdoton saada näytettä sen luontaista struktuuria särkemättä niin pienikaliberiseen muottiin, kuin tässä on kysymyksessä. Kun läpäisykoetta varten näyte on 10 cm korkea ja silti halkasija sylinterissä vain 50.5 mm, niin läpäisykoenäytteen otto on suhteellisesti vielä paljon vaikeampaa.

KOPÉCKY esittää myös käytettäväksi kenttäkoetta todellisten lukujen määräämiseksi veden maahan painumisesta ja sen läpi virtaamisesta, mikä tapahtuisi edullisimmin, jos maahan lyötäisiin melko leveä (16 cm halkasija) teräsputki vähintäin 40 cm:n syvyyteen.

Itse läpäisykoe alettaisiin sen jälkeen, kun maassa olisi sen absol. kapasiteettia vastaava vesimäärä (48 tunnin perästä).

Ramann (36; 1911; 349) pitää Kopéckyn esittämää määritelmää relatiivisesta läpäiseväisyydestä sopivana muuten, mutta katsoo, että konstantti vesipaine olisi tarpeellinen ja esittää siksi 1 m.

Ruotsin geologisissa tutkimuksissa (62; 1913; 18) on läpäiseväisyys määrätty maalajeihin nähden luonnollisessa olotilassa ja sillä tavoin, että 1 m^2 kentällä on rajoitettu rautakehällä, joka on lyöty osittain maan sisään, ja sitten on sen keskelle kaadettu vettä, kunnes koko kehän sisällä oleva alue on peittynyt vedellä ja veden pinta saavuttanut asetetun merkin korkeuden. Senjälkeen on vettä kaadettu edelleen 10 l ja pantu muistiin aika, joka kului veden pinnan painumiseen merkin korkeudelle; senjälkeen kaadettiin vettä uudelleen 10 l jne. Tätä menetelmää ovat Ruotsissa käyttäneet m. m. Sten de Geer ja Sahlström (63; 1913) sekä Johansson (62; 1913).

Ranskassa Müntz, Favre ja Lainé (63; 1913; 5—8) käyttivät läpäiseväisyystutkimuksissaan kentillä sylinteriä, jonka halkasija oli 11.2 cm ja korkeus 25 cm, ja jossa vesi pidettiin kokeen aikana pysyvästi 3 cm:n vahvuisena kerroksena maan päällä.

Burger käyttää kokeissaan yhtä suurta, vaikkakin vain 10 cm pitkää sylinteriä, johon hän liittää 4 l vettä vetävän jatkoksen.

Sigmond (64; 1926; 44—46) käytti kokeissa laitetta, jossa putken sisäinen halkasija oli 22 cm ja maahan lyöty osuus 30 cm. Maanpinnan yläpuolella oleva osa on likipitäen yhtä pitkä. Vesisäiliönä oli yksinkertainen Deville-pullo, joka laski vettä juuri niin paljon teräsputkeen, kuin siitä virtasi vettä maahan.

Vielä on mainittava edellisistä prinsiipilleen eroava menetelmä, jota Freckmann ja Janert (65; 1924; 116—122) ovat käyttäneet. Aikaisemmin (siv. 60) on jo selostettu heidän maanäytteen otossa käyttämänsä pora. Tällä poralla tehtyyn reikään he upottavat läpäisymittarin, joka on tehty teräsputkesta ja josta alaosa 25 cm:n pituudelta on porattu seulamaiseksi. Tämän laitteen kautta saatetaan vesi poranreikään, jolloin vesi painuu 25 cm:n pituudelta kerrallaan poranseinämän läpi maahan; kokeessa on vesi aina 1.10 m korkean vesipilarin paineen alaisena.

Mikään yllä esitetyistä menetelmistä ei ole saavuttanut yleisempää käytäntöä, joten täydellinen sekavuus on tässä suhteessa edelleen vallalla.

Paitsi että itse kojeet ovat varsin erilaisia, on myöskin kokeissa käytetty vedenpaine kovin vaihteleva, ollen 0—1.10 metriä, myöskin on eroa siinä, että toisissa menetelmissä paine pidetään konstanttina, kun toisissa se sensijaan vähitellen pienenee nollaan.

Eroa on edelleen olemassa myöskin siinä, että toiset tutkijat ottavat huomioon vain sen läpäiseväisyyden, joka tutkittavalla

maalla on läpäiseväisyyden tultua konstantiksi, kun toiset taasen ottavat huomioon kaiken sen vesimäärän, mikä painuu maahan kokeen alusta alkaen.

Omissa tutkimuksissani käytin läpäiseväisyyskokeissa aluksi kolmea eri menetelmää.

V. 1923 ottaessani näytteitä suoritin n. 1.0 metrin päässä näytekuopasta läpäisykokeita kairan reiässä. Kaira, jolla reiät tein, oli tavallinen puusepän kierteinen seinäkaira, jonka halkasija oli 37.5 mm. Reiän kairasin 60 cm syväksi. Metalliputken läpi juoksutin veden kairanreikään; täten estin veden syöksyn rikkomasta reiän seinämiä. Kokeen aikana lisäsin vettä niin pian, kuin se oli vajonnut 10 cm maanpinnasta alaspäin. Läpäiseväisyyteen nähden panin muistiin ajan, joka kului 1, 2, 3, jne. litran painumiseen maahan, ottamatta huomioon reikää täyttävää vesimäärää 0.665 litraa, ja lisäksi otin ajan, millä nopeudella vedenpinta lopuksi painui alas kutakin peräkkäistä 10 cm kohti. Koe siis prinsiipilleen muistuttaa jossain määrin myöhemmin käytettyä Freckmann—Janert-menetelmää.

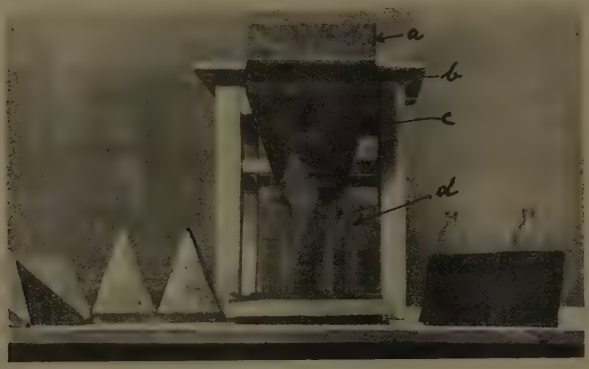
Kokeita suoritin näytteistä 1, 2, 5, 6, 9, 13, 15, 17, 22, 25, 26, ja 28 vastaavissa maalajeissa; useissa näistä maalajeista suoritin useampia läpäisykokeita. Tulokset olivat useasti samassakin paikassa pienellä etäisyydellä toisistaan varsin vaihtelevia. Ilmeisesti oli tähän vaikuttamassa, jokin paikallinen erikoisseikka; halkeama, madon tai juuren reikä taikka paikallinen palsiutuma. Kairan aiheuttaman hankauksen vuoksi tiivistyvät reiän seinämät; tämä tiivistyminen vaikutti läpäiseväisyyttä vähentävästi yleensä savimaissa ja erittäinkin niiden ollessa märkiä. Läpäisy näytteessä 25 oli niin suuri, etten reikää saanut täyttymään vedellä ensinkään. Kokeitten antamien tulosten selvän epätasaisuuden vuoksi lopetin ne.

Tulos oli siis jotenkin sama, kuin on saatu Freckmann—Janert-menetelmästä (8; 1928; 75—80) myöhemmin.

Paitsi tätä läpäisykoetta kairan reiässä, suoritin erittäin läpäisykokeen kuhunkin ottamaani erikoisnäytteeseen nähden hetimiten näytteen oton jälkeen.

Tämä tapahtui siten, että maanäytteen messinkikehykseen, kuva 51 (b), liitin peltisen jatkon (a), joiden liitoskohdan tiivistin vedenpitävästi mönjällä. Toiselle puolelle näytettä asetin tiuhan messinkilankaverkon, joka kokeessa esti maata juoksemasta näytteestä veden mukana. Tämän jälkeen näyte asetettiin vaakasuorasti laitteeseen (c), jonka molemmissa päissä oli peltisuppilot. Kokeessa asetettiin mittapullot (d) suppiloaukkojen kohdalle. Maanäyte kokeen alkaessa sisälsi sen vesimäärän kuin maassa ollessaan näytettä otettaessa.

Itse koe tapahtui siten, että puhdasta vettä kaadettiin näytteen päälle yksi litra, joten vesivahvuus oli 5 cm. Ettei vesi kaadettaessa rikkoisi näytettä, oli näytteen päälle asetettu ohut lautasäle, joka otti vastaan veden syöksyn. Havainnot tapahtuivat siten, että panin muistiin ajan, jolloin ensi pisarat vedenkaatamisen jälkeen putosivat mittapulloihin sekä ajan, jolloin vesi oli juossut päältä kuiviin. Osa läpäisykokeessa käytetystä vedestä pidättyi näytteeseen; pidättyneen veden määrä saadaan cm^3:ssa taulukosta X, kun näytteen täyskapillaarisen (veteen upotetun näytteen) vesimäärän tilavuusprosentista vähennetään näytteen ottokosteuden tilavuusprosentti ja ero kerrotaan 10:llä.



Kuva 51.

Kuten edellä olevasta selviää, vastaa veden kulkusuunta läpäisykokeessa vaakasuoraa suuntaa luonnossa. Tavallisin suunta kokeilussa on aikaisemmin ollut pystysuorasuunta. Käytännössä, milloin kuivatustarvetta on olemassa, lähentelee vedenkulkusuunta kuitenkin enemmän vaakasuoraa kuin pystysuoraa suuntaa, sillä veden pystysuora kulku vastaa vain (sala)ojain syvyyttä, mutta sivulle päin kulkee äärimmäisessä tapauksessa puoli ojaetäisyyttä eli tavallisesti n. 5—10 m. Vain sellaisessa harvinaisessa tapauksessa, että juuri salaojasyvyydellä on erittäin helposti vettä läpäisevä kerros, saattaa veden kulku lähennellä yhtä paljon pystysuoraa kuin vaakasuoraa suuntaa.

Seuraavasta taulukosta XV näkyvät tutkimuksen tulokset; siinä on myöskin mainittuna koeveden lämpö sekä ilmanpaineen korkeus kokeen aikana.

Taulukko XV. **Tabelle XV.**

Näytteen Probe N:o	Aika, mikä kului veden kulkuun läpi näytteen Zeitdauer des Wasserdurchflusses durch die Probe min.	Aika, missä 5 cm vahva vesikerros painui näytteeseen Zeit, in der eine 5 cm dicke Wassersicht in die Probe eindrang min.	Laskettu aika, missä 5 cm vahva vesikerros kulkisi näytteen läpi Berechnete Zeit, in der eine 5 cm dicke Wassersicht durch die Probe durchfliessen würde min.	Ilman paine ja veden lämpö Luftdruck und Wassertemperatur
1	2	3	4	5
1_{I}	1	20	25	760
1_{II}	4 ½	28	39	16° C
1_{III}	2	29	40	
1_{IV}	1 ½	25	34	
1_{V}	5	44	56	
1_{VI}	2 ¼	22	27	
5_{I}	½	6	7	750
5_{II}	½	4	5	13° C
5_{III}	¼	5	5	
5_{IV}	3	330	353	
5_{V}	¼	7	7	
5_{VI}	½	11	11	
9_{I}	½	2	2 ½	759
9_{II}	3	10	11	13°C
9_{III}	1 ½	32	34	
9_{IV}	2	123	128	
9_{V}	2	65	68	
9_{VI}	2 ½	1 200	1 223	
13_{I}	¼	3	3	758
13_{II}	¼	12	12	13° C
13_{III}	½	143	150	
13_{IV}	¼	57	60	
13_{V}	16	2 040	2 160	
13_{VI}	1	396	408	
15_{I}	¼	3	3 ½	767
15_{II}	¼	21	21	15° C
15_{III}	¼	26	28	
15_{IV}	½	30	31	
15_{V}	¼	18	19	
15_{VI}	¼	26	26	
22_{I}	½	9	11	766
22_{II}	¼	4	4 ½	15° C
22_{III}	¼	3 ½	4	
22_{IV}	1 ¾	171	174	
22_{V}	¼	2	2 ¼	
22_{VI}	—			

Näytteen Probe N:o	Aika, mikä kului veden kulkuun läpi näytteen Zeitdauer des Wasserdurchflusses durch die Probe min.	Aika, missä 5 cm vahva vesikerros painui näytteeseen Zeit, in der eine 5 cm dicke Wassersicht in die Probe eindrang min.	Laskettu aika, missä 5 cm vahva vesikerros kulkisi näytteen läpi Berechnete Zeit, in der eine 5 cm dicke Wassersicht durch die Probe durchfliessen würde min.	Ilman paine ja veden lämpö Luftdruck und Wassertemperatur
1	2	3	4	5
2_{I}	¼	3 ½	4	760
2_{II}	¼	28	31	15° C
2_{III}	1 ¼	23	26	
2_{IV}	1 ¼	12	15	
2_{V}	2	45	52	
2_{VI}	1	27	31	
6_{I}	1	142	161	760
6_{II}	4 ½	1 200	1 237	13° C
6_{III}	½	18	24	
6_{IV}	½	30	33	
6_{V}	2	20	26	
6_{VI}				
12_{I}	¼	18	20	742
12_{II}	1	70	79	15° C
12_{III}	2	313	335	
12_{IV}	½	1 080	1 150	
12_{V}	2 ¼	255	267	
12_{VI}	½	720	744	
14_{I}	½	24	25	738
14_{II}	¼	9	9	15° C
14_{III}	10	hiukan	—	
14_{IV}	½	33	34	
14_{V}	ei	mitään		
14_{VI}	1	1 020	1 047	
16_{I}	¼	4 ½	5	754
16_{II}	3	4 320	4 580	13° C
16_{III}	1	35	37	
16_{IV}	4	450	467	
16_{V}	2	1 260	1 318	
16_{VI}	½	1 200	1 263	
25_{I}	½	19	24	758
25_{II}	½	20	22	13° C
25_{III}	¼	8	8	
25_{IV}	1	330	338	
25_{V}	1	45	46	
25_{VI}	ei	mitään		

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
26_{I}	¼	3	3	750	27_{I}	½	40	41	748
26_{II}	¼	18	19	13 °C	27_{II}	½	1 080	1 107	16° C
26_{III}	60	hiukan	—		27_{III}	4	3 060	3 250	
26_{IV}	ei	mitään	—		27_{IV}	ei	mitään	—	
26_{V}	»	»	—						
26_{VI}	»	»	—						
	sek.								
28_{I}	3	1	1 ¼	760					
28_{II}	6	7	8	13° C					
28_{III}	4	65	67						
28_{IV}	11	69	74						
28_{V}	110	190	198						
28_{VI}	min. 23	2 520	2 600						

Läpäisykokeen tulokset antavat tässä tapauksessa jo paremmin käsitettäviä lukuja, vaikkakin ne yhä edelleen ovat siksi horjuvia, ettei niistä voida millään järkevällä tavalla saada perustetta menettelylle ojaetäisyyden määräämiseksi. Tämän vuoksi en myöskään jatkanut myöhemmin näitäkään läpäisykokeita.

Vielä suoritin läpäisykokeita Ruotsissa käytetyn menetelmän mukaisesti ja tapahtui se seuraavanlaisesti.

Rautarenkaan avulla, jonka korkeus oli 20 cm ja sisähalkasija 1.128 m eristettiin maasta 1 m^2 käsittävä pinta-ala. Rautarenkaan alareuna oli teroitettu viistosti sisäänpäin ja tapahtui renkaan maahanlyönti lean avulla.

Läpäisykoe suoritettiin tavallisesti käyttämällä ruokamullassa kahta eri rengassyvyyttä 10 cm ja 17 cm sekä jankossa, jonka päältä siis ruokamulta oli poistettu, 10 cm:n syvyyttä. Siirtyminen suurempaan rengassyvyyteen ruokamultakokeessa tapahtui läpäisykokeen yhtämittaisesti jatkuessa.

Maanpinta renkaan sisällä tasoitettiin ennen kokeen alkamista ja nurmimailla kuorittiin pinta aivan ohuesti.

Kastelu tapahtui käyttämällä tavallisia 10 litran vetoisia puutarhakastelukannuja. Näistä kaadettiin vesi renkaan sisälle tavallisesti 3—5 eri jaksossa. Ensi kertaa kaadettaessa vesi yleensä painui niin nopeasti maahan, että kaatamisen sai suorittaa yhtämittaa.

Kilpailukellon avulla otettiin aika, joka kului 10 litran painumiseen maahan. Tapahtuneen painumisen tarkkaa määräystä varten oli renkaan keskellä matalassa kuopanteessa tulitikku pystyssä. Sen pään rikkoessa veden kalvon katsoin koko 10 litran painuneeksi maahan. Veden nopean painumisen ja maanpinnan epätasaisuuden vuoksi on yleensä ensimmäisen 10 litran painumisaika epävarma.

Saman aikaisesti, kun vettä kaadettiin renkaan sisälle, kaadettiin sitä myöskin pitkin renkaan ulkoreunoja niin paljon, että vesi-

vahvuus ulkopuolella näytti yhtäläiseltä kuin sisäpuolella, kuva 52. Tällä tahdoin vähentää sitä virheellistä vaikutusta, mikä koituu siitä, että heti renkaan ulkopuolella on kuiva maa, joka saattaisi huomattavasti edistää läpäiseväisyyttä.

Kokeeni olivat siis poikkeavia Ruotsissa suoritetuista kokeista siinä suhteessa, että havainnon teko 10 litran painumiseen kuluneeseen aikaan nähden oli toisenlainen, sekä että Ruotsissa renkaan ulkopuolella ei suoritettu kastelua (63; 1913; 10—12).

Koepaikka oli näytteen ottokuopasta mitattuna lähimpään renkaan reunaan n. 1.5 m.

Tulokset selviävät seuraavasta. Kosteusprosentit ja lämpöasteet ovat selostuksessa siinä järjestyksessä vastaavilta syvyyksiltä kuin näytteessä 1, ellei asian suhteen ole toisin erikoisesti mainittu; lämpö on Celsius asteissa.

Kuva 52.

Näyte 1.

Kasvullisuus: korjattu peruna.
Ruokamultavahvuus: 21 cm.
Ojitus: 1.20 m syvä salaojitus.
Pohjavesi: 1.50 m syvemmällä.

Maan kosteus		*Lämpö*	
Syvyys pinnasta cm:	paino-%	Syvyyspinnasta	
		Ilmassa	9.5°
0— 20	21.2	2 cm	10.6°
20— 40	14.9	20 »	11.0°
40— 60	12.8	40 »	11.0°
60— 80	12.2	60 »	10.9°
80—100	11.3	80 »	10.8°
100—120	10.2	100 »	10.7°
		120 »	10.7°

Ilmanpaine: 748 26/9—25 ja 750 27/9—25.
Sademäärä lähimmällä asemalla:

23/IX—7.6; 24/IX—3.0; 25/IX—2.6; 26/IX—0.2; 27/IX—0.0.

Koevesi: lähdevettä; lämpö 9.3° C.

Pintakoe 26/IX—25; rengassyvyys 10 cm; ajat, joissa 10 l. painui maahan:

min. ja sek.	0			40 l
	6.30	9.00	14.00	45.00

; koe keskeytyi, kun sade, vaikkakin se oli aivan vähäistä, tuntui huomattavasti hidastuttavan veden painumista.

Koe jatkui 27/IX—25 20 tunnin perästä; rengas oli entisellään.

min. ja sek.	0					60 l
	4.30	18.10	24.25	23.32	22.45	24.02

Koe jatkui uudessa paikassa, jossa ruokamulta oli poistettu; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0					50 l
	0.45	10.25	14.36	13.22	14.51	16.05

Näyte 2.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 22 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: 1.40 m syvemmällä.

2 Kosteus peräkkäisnäytteissä paino-%: 22.75; 17.40; 17.01; 13.03; 14.50; 13.65.

Lämpö: ilmassa 11°, 2 cm pinnasta 13.2°; 20 cm 13.3°; 40 cm 12.8°; 60 cm 12.2°; 80 cm 11.9°; 100 cm 11.7° ja 120 cm 11.4°.

Ilmanpaine: 757.

Sademäärä: 8/IX—5.7; 9/IX—3.3; 10/IX—2.0; 11/IX—0.2; 12/IX—0.2; 13/IX—1.3; 14—16/IX—0.00.

Koevesi: kaivovettä; lämpö 10°.

Pintakoe 11/IX—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100
	0.31	1.39	2.55	3.40	3.59	4.45	5.05	5.10	5.31	5.52

100				150				190 l
6.02	6.27	6.40	6.20	6.55	7.02	7.01	6.44	6.45

Jankkokoe heti perään; uusi paikka, rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100 l
	2.15	6.45	6.54	7.02	9.25	11.55	11.00	11.30	12.0	12.50	12.50

Näyte 3.

Kasvullisuus: rukiinsänki.

Ruokamulta: 19 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 0.60 m pinnasta.

Kosteus paino-%: 19.00; 11.91; 20.64; 18.73; 22.30; 23.94.

Lämpö: ilmassa varjossa 15°; ilmassa auringossa 16°; maanpinnalla varjossa 16°; maanpinnasta 2 cm syvällä 13°; 10 cm 12.8°; 20 cm 13.8°; 40 cm 14.5°; 60 cm 14.5°; 80 cm 14.5°; 100 cm 15.0° ja 120 cm 16.0°.

Ilmanpaine: 766.

Sademäärä: ei ollut satanut edellispäivinä

Koevesi: järvivettä; lämpö 15°.

Pintakoe 5/IX—27; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek	0				50				100
	1.50	6.11	14.45	15.55	17.07	17.18	19.08	19.35	20.11	21.15	22.20

rengas lyötiin 17 cm syvään kokeen jatkuessa keskeytymättä,

110			150 1
25.15	26.05	24.15	25.00

Jankkokoe, uusi paikka; rengassyvyys 10 cm.

min ja sek.	0				50			80 1
	1.15	3.15	6.00	9.30	12.10	15.45	17.30	17.19

Näyte 4.

Kasvullisuus: rukiinsänki.

Ruokamulta: 22 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 0.60 m.

Kosteus paino-%: 24.04; 17.54; 15.13; 16.90; 23.91; 20.25.

Lämpö: ilmassa varjossa 18.5° ja auringossa 21.0°; maanpinnalla varjossa 20.0°; maanpinnasta 2 cm syvällä 17°; 10—16.0°; 20—14.8°; 40—14.3°; 60—14.3°; 80—14.3°; 100—14.3° ja 120—14.3°.

Ilmanpaine: 766.

Sademäärä: Ei ollut satanut edellispäivinä.

Koevesi: järvivettä; lämpö 15°.

Pintakoe 5/IX—27; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50		70
	1.02	7.40	15.10	20.02	24.02	29.02	30.10

kokeen keskeytymättä jatkuessa lyötiin rengas 17 cm syvään.

70		100 l
37.47	39.35	41.10

Jankkokoe, uusi paikka; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0		30 l
	1.15	16.20	34.22

Näyte 5.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 18 cm.

Ojitus: salaojitus n. 1.0 m syvä.

Pohjavesi: n. 0.55 m.

Kosteus paino-%: 21.0; 19.6; 17.0; 20.6; 26.3; 24.2.

Lämpö: auringonpaisteessa ilmassa 5.2° ja maanpinnalla 3.2° sekä varjossa ilmassa 3.5° ja maanpinnalla 3.0° ynnä pinnasta 2 cm 4.3°; 20 cm 5.0°; 40 cm 6.0°; 60 cm 7.0°; 80 cm 7.8°; 100 cm 8.0° ja 120 cm 9.0°.

Ilmanpaine: 759.

Sademäärä: 6/X—5.0[5] 7/X—0.4; 8/X—0.4; 9/X—1.4 ja 10/X—0.2.

Koevesi: kaivovettä; lämpö 6.0°.

Pintakoe: 8/10—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50 l	
0.40	6.50	15.30	18.02	19.40	21.35	22.30

Jankkokoe rengassyvyys 8 cm; vesi 2°:

min. ja sek.	0				50 l
3.21	27.56	26.21	28.40	29.21	31.29

Näyte 6.

Kasvullisuus: turnipsi.

Ruokamulta: 16 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: 1.80 metriä syvemmällä.

Kosteus paino-%: 26.4; 25.5; 22.1; 24.5; 18.5; 10.2.

Lämpö: ilmassa varjossa 6.5° ja auringossa 7.0°; maanpinnalla varjossa 3.5° ja auringossa 4.0°; maanpinnasta 2 cm syvällä 3.5°; 20 cm 5.0°; 40 cm 6.2°; 60 cm 6.8°; 80 cm 7.3°; 100 cm 7.2°; ja 120 cm 7.8°.

Ilmanpaine: 745.
Sademäärä: kuten näytteessä 5.
Koevesi: purovettä; lämpö 4.2°.
Pintakoe, 10/10—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek	0		30 1
	3.45	33.0	57.05

Jankkokoe, uusi paikka; rengassyvyys 10 cm: 10 litraa 2.10 min. ja seuraava 10 l. yli 1 ½ tuntia.

Näyte 7.

Kasvullisuus: heinänodelma.
Ruokamulta: 21 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: n. 1.40 m.
Kosteus paino-%: 30.13; 22.55; 24.37 26.70; 30.95; 31.45.
Lämpö: ilmassa 2.0°; maanpinnasta 2 cm syvällä 4.2°; 20 cm 5.3°; 40 cm 6.2°; 60 cm 6.6°; 80 cm 6.8°; 100 cm 6.9°; ja 120 cm 7.0°.
Ilmanpaine: 740.
Sademäärä: 9/X—4.8; 10/X—11.0; 11/X—0.5; 12/X—1.0.
Koevesi: kaivovettä; lämpö 5.0°.
Pintakoe: 12/X—26, rengassyvyys 10 cm.

min. ja sek.	0			40 1
	4.30	26.17	26.40	27.10

; kokeen keskeytymättä jatkuessa rengasta syvennettiin 17 cm:iin:

min. ja sek.	40		60 1
	39.35	42.34	

Jankkokoe, uusi paikka, rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0			40
	1.15	19.40	24.15	26.43

Näyte 8.

Kasvullisuus: heinänodelma.
Ruokamulta: 23 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: n. 1.40 m.
Kosteus paino-%: 30.96 28.30; 25.07; 29.10; 29.78; 33.27.
Lämpö: ilmassa 4.0°; maanpinnasta 2 cm syvällä 4.2°; 20 cm 4.6°; 40 cm 5.2°; 60 cm 5.8°; 80 cm 5.9°; 100 cm 6.0° ja 120 cm 6.6°.
Ilmanpaine: 741.

Sademäärä: kuten edellisessa näytteessä.
Koevesi: » » »
Pintakoe: 12/X—26; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100
	1.33	6.05	7.55	9.20	9.56	10.30	10.50	11.05	11.22	11.40

koe keskeytyi 12 min., jonka jälkeen uudelleen jatkui:

100			140 l
8.10	17.33	17.40	17.12

; kokeen keskeytymättä jatkuessa rengas syvennettiin 17 cm:iin:

140	160 l
22.32	22.35

Näyte 9.

Kasvullisuus: kynnöksellä.
Ruokamulta: 25 cm.
Ojitus: salaojitus n. 1.0 syvä.
Pohjavesi: n. 0.80 m.
Kosteus paino-%: 27.5; 26.0; 28.4; 31.3; 18.5; 15.4.
Lämpö: ilmassa 14.5°, maanpinnasta 2 cm syvällä 13.3°; 20 cm 12.0°; 40 cm 11.3°; 60—11.0°; 80—11.0°; 100—11.2° ja 120—11.0°.
Ilmanpaine: 748.
Sademäärä: kuten näytteessä 1.
Koevesi: purovettä; lämpö 10.6°.
Pintakoe 26/9—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0		30 l
	2.07	23.41	42.20

Jankkokoe; uusi paikka; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50		70 l
	3.25	10.20	16.45	22.41	34.00	48.00	63.00

Näyte 10.

Kasvullisuus: heinänodelma.
Ruokamulta: 19 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: n. 0.50 m.
Kosteus paino-%: 25.40; 17.70; 19.30; 18.92; 19.72; 19.48.
Lämpö: ilmassa 10.2°; maanpinnasta 2 cm syvällä 7.5°; 20 cm 7.0°; 40 cm 7.5°; 60 cm 8.5°; 80 cm 8.5°; 100 cm—9.0° ja 120 cm—9.2°.
Ilmanpaine: 758.

Sademäärä: 3/X—20.7; 4/X—0.4; 5/X—1.5; 6/X—0.1; 7/X—3.3; 8/X—1.1.

Koevesi: lähdevettä; lämpö 8.5°.

Pintakoe 6/X—26; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100
	1.15	1.47	2.50	2.52	3.05	3.25	3.55	4.23	4.45	5.06

	100				150			180 l
	5.10	5.16	5.24	5.48	6.00	6.03	6.58	7.15

Näyte 10 b.

Paikka edellisestä 75 m:n päässä.

Kasvullisuus: ruokamulta jne. samat kuin edellisessä, paitsi maan lämpö- ja kosteussuhteet aivan hieman toisenlaiset ja ilmanpaine: 759.

Pintakoe 7/X—26; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100 l
	1.16	2.25	2.55	3.22	3.24	3.40	3.52	4.25	4.57	5.14

	100				150				200 l
	5.33	5.56	6.07	6.38	6.56	7.14	7.31	7.40	8.06	8.26

; koe keskeytyi 3 t 54 minuutiksi ja jatkui sitten

200	220 l
3.40	13.13

; koe jatkui keskeytymättä rengassyvyyttä lisättäessä 17 cm:iin:

222	032 l
68.00	

Näyte 11.

Kasvullisuus: heinänodelma:

Ruokamulta: 17 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: 0.45 m.

Kosteus paino-%: 25.52; 19.43; 19.05; 19.60; 20.08; 20.30.

Lämpö: ilmassa 6.0°, maanpinnasta 2 cm syvällä 5.5°; 20 cm 5.8°; 40 cm 6.5°; 60 cm 7.0°; 80 cm 7.5°; 100 cm 8.0°; ja 120 cm 8.0°.

Ilmanpaine: 759.

Sademäärä: kuten näytteessä 10.

Koevesi: » » 10.

Jankkokoe: 7/X—21; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	2				62 l
	1.35	6.36	10.05	17.05	25.00

; koe keskeytyi 13 t. 13

min., jolla ajalla yöllä satoi ja jatkui 8/X—26, jolloin ilmanpaine: 751.

72	82 l
34.00	55.00

Pintakoe: 8/X—26; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0			50			80
2.50	4.50	7.49	11.35	13.28	15.16	17.71	21.35

; kokeen keskeytymättä jatkuessa rengas lyötiin 17 cm:n syvyyteen

80	90 l.
37.26	

Näyte 11 b.

Kasvullisuus: heinänodelma.
Ruokamulta: 15 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: n. 0.50 m.
Kosteus paino-%: 25.6; 16.7; 18.2; 17.6; 18.2; 17.8.
Lämpö: ilmassa 8.5°; maanpinnasta 2 cm syvällä 6.0°; 20 cm 6.5°; 40 cm 7.0°; 60 cm 8.0°; 80 cm 9.0°; 100 cm 9.5° ja 120 cm 9.5°.
Ilmanpaine: 749.
Sademäärä: kuten näytteessä 10.
Koevesi: kuten edellisessä.
Pintakoe: 8/X—26; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0			50			80 l
0.55	1.25	2.36	4.33	6.49	81.6	9.51	10.30

; keskeytyi 23 minuutiksi ja jatkui edelleen:

80	100 l
7.16	25.35

; koetta keskeyttämättä lyötiin rengas 17 cm:n syvyyteen.

100	100 l
58.35	

Näyte 12.

Kasvullisuus: rukiinsänki.
Ruokamulta: 18 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: n. 1.00 m.
Kosteus paino-%: 25.5; 18.5; 20.6; 20.1; 21.3; 22.3.

Lämpö: ilmassa 0.2°; maanpinnalla 0.8°; maanpinnasta 2 cm syvällä 0.2°; 20 cm 2.2°; 40 cm 3.2°; 60 cm 4.2°; 80 cm 5.0°; 100 cm 6.1° ja 120 cm 8.0°.

Ilmanpaine: 738.

Sademäärä: ei yhtään satanut.

Koevesi: lähdevettä; lämpö 4.8°.

Pintakoe 16/X—25, rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0.16	0.31	1.16	6.53	9.44	11.47	12.11	13.27	14.22	15.12

15.17	15.25	15.32	16.02	16.11

; koe keskeytyi 120 minuutiksi, jolloin myös rengas lyötiin 18 cm syvään: 33.10

Jankkokoe; rengassyvyys 10 cm:
aikaa meni ensi 10 litran painumiseen yli 2 tuntia.

Näyte 13.

Kasvullisuus: korjattu peruna.

Ruokamulta: 22 cm.

Ojitus: salaojitus 1.20 syvä.

Pohjavesi: n. 1.10 m.

Kosteus paino-%: 18.9; 17.0; 17.5; 19.8; 18.2; 20.4.

Lämpö: ilmassa 4.1°, maanpinnasta 2 cm syvällä 3.2°; 20 cm 4.0°; 40 cm 5.0°; 60 cm 6.0°; 80 cm 6.7°; 100 cm 7.5°; ja 120 cm 8.3°.

Ilmanpaine: 746.

Sademäärä: kuten näytteessä 5.

Koevesi: kaivovettä; lämpö 4.4°.

Pintakoe: 10/10—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	5.40	51.10	94.20

Jankkokoe; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	3.40	25.21	130.00

Näyte 15.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 17 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 70 m.

Kosteus paino-%: 28.0; 18.6; 19.9; 26.3; 30.1; 35.8.

Lämpö: ilmassa 13.5°; maanpinnasta 2 cm syvällä 11.3°; 20 cm 11.7°; 40 cm 11.8°; 60 cm, 80, 100 ja 120 cm 11.7°.

Ilmanpaine: 757.

Sademäärä: kuten näytteessä 2.

Koevesi: kaivovettä, lämpö 10°.

Pintakoe 12/IX—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja	0				30					100	110
sek.	0.08	0.25	1.05	4.08	8.55	11.15	16.15	16.30	16.32	20.40	19.28

keskeyttämättä koetta lyötiin rengas 17 cm syvään

110	120 1
39.53	

Jankkokoe; rengassyvyys 10 cm:

min. ja	0	20 1
sek.	81.0	120.00

Näyte 16.

Kasvullisuus: kauransänki.

Ruokamulta: 18 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 1.0 m.

Kosteus paino-%: 34.1; 26.3; 28.8; 29.2; 34.7.

Lämpö: ilmassa 13.5°; maanpinnalla 15.0°; pinnasta 2 cm syvällä 12.9°; 20 cm—12.5°; 40 cm—12.6°; 60 cm 12.8°; 80 cm 12.2°; 100 cm 12.0° ja 120 cm 12.0°.

Ilmanpaine: 747.

Sademäärä: 2/IX—7.6; 3/IX—4.4; 4/IX—0.1; 5/IX—0.4.

Koevesi: purovettä; lämpö 11.2°.

Pintakoe 5/IX—25, rengassyvyys 10 cm:

min. ja	0				50		70 1
sek.	0.20	0.38	1.20	7.25	11.25	16.15	22.35

Jankkokoe; rengassyvyys 10 cm:
ensimmäinen 10 litraa yli 2 tuntia.

Näyte 18.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 21 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 0.95 m.

Kosteus paino-%: 24.00; 26.68; 27.60; 32.00; 34.86; 33.00.

Lämpö: ilmassa auringossa 20° ja varjossa 19°; maanpinnalla auringossa 29.8° ja varjossa 16.2°; maanpinnasta 2 cm syvällä 16.5°;

20 cm 15.8°; 40 cm 16.0°; 60 cm 15.3°; 80 cm 14.6°; 100 cm 14.0° ja 120 cm 12.9°.

Ilmanpaine: 750.

Sademäärä: 5/VIII—12.7; 6/VIII—7.6; 7/VIII—1.2; 8/VIII—0.1; 9—12/VIII—0.00.

Koevesi: kaivovettä; lämpö 13.6°.

Pintakoe 11/8—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek. 0 50 100 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.40 | 2.10 | 3.00 | 3.05 | 3.40 | 4.45 | 4.45 | 4.35 | 120 150 200 1 | 4.30 | 4.40 | 5.10 | 5.15 | 5.35 | 5.35 | 6.05 | 6.25 |; koe keskeytyi 13 tunniksi, jonka jälkeen jatkui; vesi 15.7°:

200 250 1 | 0.15 | 0.25 | 6.20 | 13.45 | 14.45 |

Näyte 19.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 19 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: 1.10 m.

Kosteus paino-%: 27.53; 27.00; 29.50; 30.05; 31.80; 32.12.

Lämpö: maanpinnalla auringossa 30° ja varjossa 19° sekä maanpinnasta 2 cm syvällä 19.0°; 20 cm 16.4°; 40 cm 15.9°; 60 cm 15.1°; 80 cm 14.1°; 100 cm 13.2° ja 120 12.2°.

Ilmanpaine: 754.

Sademäärä: kuten edellisessä.

Koevesi: kaivovettä; lämpö 13.6°.

Pintakoe 12/VIII—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek. 0 50 100 | 0.08 | 0.09 | 0.18 | 0.34 | 0.56 | 1.10 | 1.20 | 1.41 | 1.53 | 2.12 | 2.37 | 2.58 | 120 150 210 1 | 2.58 | 3.07 | 3.32 | 3.50 | 4.03 | 4.04 | 4.21 | 4.25 | 4.32 |; koe keskeytyi 45 minuutiksi: 210 150 270 1 | 0.07 | 1.50 | 5.43 | 7.12 | 7.22 | 7.57 |; koe keskeytyi uudelleen 120 minuutiksi: 270 300 320 1 | 0.10 | 1.41 | 8.21 | 8.21 | 9.40 |

Näyte 20.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 20 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 0.90 m.

Kosteus: paino-prosenteissa: 30.67; 30.54; 32.10; 32.12; 32.45; 36.28.

Lämpö: ilmassa auringossa 18.5° ja varjossa 17.2°; maanpinnalla auringossa 18.2° ja varjossa 16.5°; maanpinnasta 2 cm syvällä 20.0°; 20 cm 18.3°; 40 cm 17.6°; 60 cm 16.5°; 80 cm 15.5°; 100 cm 14.5° ja 120 cm 12.9°.

Ilmanpaine: 755.

Sademäärä: kuten edellisessä.

Koevesi: kuten edellisessä.

Pintakoe 12/8—25; rengassyvyys 10 cm:

min.	0				50					100
ja sek.	0.10	0.12	0.18	0.43	3.12	9.57	9.55	10.06	10.12	10.20	11.05

; koe keskeytyi 60 minuutiksi:

110		130 l
0.15	6.35	15.15

Näyte 21.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 18 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 0.95 m.

Kosteus paino-%: 27.00; 27.52; 26.05; 30.25; 31.85; 31.90.

Lämpö: ilmassa 20.0°; maanpinnalla 21.2° ja maanpinnasta 2 cm syvällä 17.1°; 20 cm 16.6°; 40 cm 16.0°; 60 cm 15.2°; 80 cm 14.1°; 100 cm 13.8° ja 120 cm 12.2°.

Ilmanpaine: 757.

Sademäärä: kuten edellisessä.

Koevesi: kuten edellisessä.

Pintakoe 12/VIII—2.5, rengassyvyys 10 cm:

min.	0				50					100 l
ja sek.	0.07	0.10	0.19	0.52	4.56	6.50	8.11	11.53	12.39	13.47

; koe keskeytyi 695 minuutiksi; vesi 13.2° ja ilman paine 759:

100				150 l
0.09	0.35	17.55	29.40	33.45

Jankkokoe; rengassyvyys 10 cm:

min.	0	20 l
ja sek.	2.30	yli 6 tunt.

Näyte 23.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 31 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: 0.80 m pinnasta.

Kosteus paino-%: 36.35; 33.08; 38.00; 44.75; 53.00; 59.30.

Lämpö: ilmassa 15.3°; maanpinnalla 15.2°; maanpinnasta 2 cm syvällä 13.8°; 20 cm 11.9°; 40 cm 11.9°; 60 cm 11.9°; 80 cm 11.5°; 100 cm 11.0° ja 120 cm 11.2°.

Ilmanpaine: 758.

Sademäärä: kuten näytteessä 2.

Koevesi: kaivovettä, lämpö 10.0°.

Pintakoe 12/IX—25, rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100	
	0.05	0.22	0.55	1.16	1.40	1.50	1.50	1.56	1.58	1.58	2.03	2.03

120			150				200 l	
2.05	2.06	2.06	2.10	2.16	2.19	2.19	2.23	2.20

; koe keskeytyi 2 minuutiksi, jolloin rengas lyötiin 17 cm syvään:

210			250 l
1.20	3.45	3.45	3.50

; koe keskeytyi 7 minuutiksi:

250				300 l
0.25	3.40	5.15	5.15	5.20

Jankkokoe: rengassyvyys 10 cm:

0				50			80 l
0.45	2.35	3.07	3.20	3.20	3.25	3.39	3.45

Näyte 24.

Kasvullisuus: heinänodelma.

Ruokamulta: 33 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: 0.80 m pinnasta.

Kosteus paino-%: 32.40; 34.47; 37.30; 42.70; 54.20; 57.50.

Lämpö: ilmassa 11.0°; maanpinnalla 10.5°; maanpinnasta 2 cm syvällä 14.8°; 20 cm 13.5°; 40 cm 13.2°; 60 cm 13.0°; 80 cm 12.0°; 100 cm 11.3° ja 120 cm 12.0°.

Ilmanpaine: 762.

Sademäärä: kuten näytteessä 2.

Koevesi: kaivovettä, lämpö 10.0°.

Pintakoe 15/9—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100	
	0.10	0.16	0.20	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30

110				150			190 1
0.30	0.33	0.33	0.33	0.35	0.35	0.30	0.25

; uusintakoe uudessa paikassa 16/9—25, rengassyvyys 10 cm, ilmanpaine 760 ja vesi 9.5°:

0				50					100			
0.12	0.20	0.23	0.47	0.47	0.50	0.56	0.57	0.57	0.57	1.08	1.00	1.00

130	150 1
1.12	1.10

; koe keskeytyi 2 minuutiksi.

150			200					250 1
1.13	2.45	2.50	2.75	3.05	3.23	3.23	3.40	3.43	3.47

Jankkokoe; vesi 10.0°, rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100	
	1.00	2.55	3.31	3.51	4.07	4.32	4.32	4.45	4.48	5.00	5.10

110				150				200 1
5.30	5.40	5.45	5.46	6.35	6.43	7.40	9.01	10.02

Näyte 25.

Kasvullisuus: korjattu turnipsi.

Ruokamulta: 22 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 1.0 m.

Kosteus paino-%: 50.5; 38.75; 48.6; 33.0; 32.6; 43.3.

Lämpö: ilmassa 7.8°; maanpinnasta 2 cm syvällä 6.2°; 20 cm 5.8°; 40 cm 7.0°; 60 cm 8.5°; 80 cm 9.3°; 100 cm 10.0°; ja 120 cm 10.0°.

Ilmanpaine: 755.

Sademäärä: kuten näytteessä 5.

Koevesi: purovettä; lämpö 5.5°.

Pintakoe 9/10—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0				50					100	
	1.25	4.52	6.31	7.15	7.38	7.49	8.25	8.44	8.52	9.22	

100			140 1
9.43	10.10	10.15	10.26

; koetta keskeyttämättä rengas lyötiin

17 cm:n syvyyteen:

140		170
12.52	12.50	12.52

Jankkokoe; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0			50				80 1
	0.25	3.33	3.37	6.28	5.10	8.25	11.23	11.10

Näyte 27.

Kasvullisuus: lasketun järven pohja.
Ruokamulta: ei.
Ojitus: ojaton, vain viemäri 40 m päässä.
Pohjavesi: n. 20 m pinnasta.
Kosteus paino-%: 84.90; 85.10; 83.55.
Lämpö: ilmassa varjossa 2.5° maanpinnalla varjossa 1.5° ja auringossa 5.5°; maanpinnasta 2 cm syvällä 0.2°; 20 cm 4.0°; 40 cm 6.2° ja 60 cm 8.0°.
Ilmanpaine: 744.
Sademäärä: kuten näytteessä 12.
Koevesi: purovettä; lämpö 3.0°.
Pintakoe 17/10—25; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0			50					100
	0.05	0.06	0.45	2.42	4.02	5.56	6.43	6.50	7.08	8.05

100				150 1
8.14	8.44	9.21	9.36	10.04

; kokeen jatkuessa keskeytymättä lyötiin rengas 17 cm syvyyteen:

150				200 1
10.12	11.23	12.12	12.13	12.21

Näyte 28.

Kasvullisuus: kynnös.
Ruokamulta: 18 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: n. 1.00 m.
Kosteus paino-%: 40.9; 58.0; 78.9; 83.6; 87.3; 88.8.
Lämpö: ilmassa auringossa 13.2° ja varjossa 12.5°; maanpinnalla auringossa 14.2° ja varjossa 10.8°; maanpinnasta 2 cm syvällä 9.8°; 20 cm 10.5°; 40 cm 10.7°; 60 cm 10.0° 80 cm 10.0°; 100 cm 9.5° ja 120 cm 8.8°.

Ilmanpaine: 754.

Sademäärä: kuten näytteessä 1.

Koevesi: lähdevettä; lämpö 9.2°.

Pintakoe 28/9—25; rengassyvyys 10 cm:

min.	0				50			80
ja sek.	1.83	8.20	11.35	17.47	18.02	19.40	19.45	19.52

Jankkokoe; rengassyvyys 10 cm:

min.	0				50					100
ja sek.	1.05	1.52	3.07	3.42	4.05	4.18	4.42	5.25	5.51	6.40

100				150
7.27	8.09	9.41	11.37	13.47

Näyte 29.

Kasvullisuus: kesantoheinä.

Ruokamulta: 16 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 0.60 m.

Kosteus paino-%: 62.30; 79.06; 85.41; 88.90 ja 88.30.

Lämpö: ilmassa varjossa 8.0°; maanpinnalla varjossa 10.0° ja auringossa 12.5°; maanpinnasta 2 cm syvällä 8.2°; 10 cm 6.1°; 20 cm 7.5°; 40 cm 8.0°; 60 cm 8.4°; 80 cm 8.4°; 100 cm 8.3° ja 120 cm 8.0°.

Ilmanpaine: 755.

Sademäärä: 20, 21/IX—0.0, 22/IX—2.80, 23/IX—0.000 ja 24/IX—2.50.

Koevesi: purovettä; lämpö 8.5°.

Pintakoe 23/9—27; rengassyvyys 17 cm:

min.	0				50				100
ja sek.	0.55	1.30	3.15	5.05	6.53	11.00	13.27	20.20	25.40	31.10

Jankkokoe; rengassyvyys 15 cm:

min.	0		30
ja sek.	1.15	19.40	46.15

Näyte 30.

Kasvullisuus: kesantoheinä.

Ruokamulta: 17 cm.

Ojitus: avo-ojitus.

Pohjavesi: n. 0.60 m.

Kosteus paino-%: 70.90; 71.75; 86.90; 87.70; 89.25; 88.60.

Lämpö: ilmassa 6.8°; maanpinnalla 7.0°; maanpinnasta 2 cm syvällä 8.4°; 10 cm 8.0°; 20 cm 7.5°; 40 cm 8.2°; 60 cm 8.8°; 80 cm 8.8°; 100 cm 8.4° ja 120 cm 8.0°.

Ilmanpaine: 755.
Sademäärä: kuten näytteessä 29.
Koevesi: purovettä; lämpö 8.0°.
Pintakoe 23/9—27; rengassyvyys 17 cm:

min. ja sek.	0			50						10
	0.55	1.30	4.00	5.50	6.54	8.39	10.03	12.36	12.45	14.24

	200		130 l
	14.33	16.58	20.80

Jankkokoe; rengassyvyys 15 cm:

min. ja sek.	0			40 l
	1.25	7.41	10.07	15.14

Näyte 31.

Kasvullisuus: kynnetty.
Ruokamulta: 15 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: 0.60 m.
Kosteus paino-%: 74.73; 82.50; 86.20; 89.05; 91.15; 88.30.
Lämpö: ilmassa 4.8°; maanpinnalla 4.8°; maanpinnasta 2 cm syvällä 4.8°; 10 cm 5.3°; 20 cm 7.4°; 40 cm 8.5°; 60 cm 8.8°; 80 cm 8.8°; 100 cm 8.3° ja 120 cm 7.8°.
Ilmanpaine: 755.
Sademäärä: kuten edellisessä.
Koevesi: purovettä; lämpö 7.8°.
Jankkokoe 24/9—27; rengassyvyys 15 cm:

min. ja sek.	0					60 l
	0.52	1.20	16.41	23.42	28.11	35.03

Näyte 31 b.

Kuten näytteessä 31, paitsi lämpö: ilmassa 6.5°; maanpinnalla 6.1°; maanpinnasta 2 cm syvällä 5.8°; 10 cm 6.3°; 20 cm 7.5°; 40 cm 8.3°; 60 cm 8.3°; 80 cm 8.1° 100 cm 7.9° ja 120 cm 7.7°.
Jankkokoe: rengassyvyys 15 cm:

min. ja sek.	0			40 l
	0.67	40.26	96.80	140.00

Näyte 32.

Kasvullisuus: raivaamaton suo.
Ruokamulta: 18 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: 1.10 m.

Kosteus paino-%:
Lämpö: ei määrätty; kylmä ilma.
Ilmanpaine: 756.
Sademäärä: kuten näytteessä 1.
Koevesi: maavettä; lämpö 10.2°.
Pintakoe 28/9—25; rengassyvyys 17 cm:

min. ja sek.	0				50					100
	2.13	1.32	1.30	1.42	1.51	1.55	1.58	2.02	2.03	2.55

	100				150					200 l
	2.10	2.14	2.26	2.10	2.40	2.40	2.35	2.35	2.35	2.40

Pinta velliintyi hieman.

Näyte 33.

Kasvullisuus: heinänodelma.
Ruokamulta: 18 cm.
Ojitus: avo-ojitus.
Pohjavesi: 0.40 m.
Kosteus paino-%:
Lämpö: ilmassa 8.7°; maanpinnalla 8.7°; maanpinnasta 2 cm syvällä 8.5°; 10 cm 8.5°; 20 cm 8.0°; 40 cm 8.0°; 60 cm 8.0°; 80 cm 8.0°; 100 cm 8.0° ja 120 cm 8.0°.
Ilmanpaine: 756.
Sademäärä: 23/X—7.0; 24/X—0.0; 25/X—0.8; 26/X—11.1.
Koevesi: ojavettä; lämpö 8.0°.
Pintakoe 26/X—26; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0		40 l
	0.30	3.00	32.30 61.10

Jankkokoe; rengassyvyys 15 cm:

min. ja sek.	0	20 l
	0.58	150.00

Näyte 34.

Kuten edellinen, paitsi että lämpö oli: ilmassa 9.2°, maanpinnalla 8.9°; maanpinnasta 2 cm syvällä 8.3°; 10 cm 7.0°; 20 cm 6.0°; 40 cm 5.4°; 60 cm 5.8°; 80 cm 6.3°; 100 cm 7.0° ja 120 cm 7.0°.
Pintakoe 26/X—26; rengassyvyys 10 cm:

min. ja sek.	0	20 l
	0.45	300.00

Jankkokoe; rengassyvyys 15 cm:

min. ja sek.	0	20 l
	0.35	85.00

Nämäkin läpäisykokeet, kuten luvuista huomataan, antavat samoissakin maalajeissa varsin paljon toisistaan poikkeavia tuloksia. Sitä paitsi ne eivät kykene tuomaan esiin sellaisia eroavaisuuksia eri maalajien välillä, että niiden erilainen kuivatuksellinen luonne tulisi näiden läpäisykokeiden avulla edes suurin piirtein karakterisoitua. Onpa miltei kuivatusta kaipaamattomissa hietamaissa (N:o 1 ja 2) läpäiseväisyys ollut paljon hitaampi kuin useissa savimaissa (N:o 10—24); tämä johtuu varmaankin toisaalta multavan pintakerroksen erikoisen suuresta vedenpidätyskyvystä hietamaissa ja toisaalta savimaiden ruokamultakerroksen muruisuudesta. Jo aikaisemminkin mainitut erikoisseikat, kuten matojen ja juurien tekemät reijät, kutistumahalkeamat ja palsiutumat ovat myöskin osaltaan tähän syynä.

Myöskin kokeen näyte 1 yhteydessä sattunut heikko sade oli omiansa tuomaan esiin erään seikan, joka saattaa varsin määräävästi vaikuttaa läpäiseväisyyteen. Sateen vaikutuksesta peittyi maanpinta kauttaaltaan ohuella vesikerroksella; kun läpäisykokeessa veden on painettava ilma pois huokoistosta, oli sen poistumista nyt estämässä sateen aiheuttama ohut vesikerrostuma maanpinnassa. Tämän vastus oli niin suuri, että läpäisy hidastui aivan vähäiseksi. Ilma poistui maasta m. m. itse koevesikerroksen läpi, jonka pinta tämän vuoksi muuttui kuohuiseksi.

Edellä on jo mainittu Schönwälderin tutkimuksista maahan sulkeutuneen ilman vedenläpäisyä vähentävään vaikutukseen nähden. Myöskin maan muuttuva kosteustila on aiheuttamassa vaihteluja vedenläpäisykyvyssä.

Kokeiden antamien tuloksien perusteella ja edellä esitetyistä muista syistä ei myöskään näitä luonnossa suoritettuja läpäisykokeita voida pitää maalajia eikä sen kuivatustarvetta selventävänä.

Kun samalla maalla eri olotiloissa saattaa olla varsin erilainen läpäiseväisyys, saadaan mielestäni eri maalajien todellinen vedenläpäisykyky parhaiten selville vain tarkkojen sadehavaintojen, pohjavesikorkeuksien ja salaojista ulosvirtaavien vesien mittausten avulla täsmällisine, mieluimmin automaattisesti saatuine aikatietoineen.

Maassamme aikaisemmin suoritetut maiden vedenläpäisykykyä koskevat tutkimukset on suoritettu Kopécky'n menetelmää käyttäen.

Tutkimuksissaan ovat Frosterus (1; 1914; 87 ja 4; 1917; 65, 66, 67) ja Aarnio (3; 1916; 38 ja 12; 1920; 15, 16) saaneet eri maalajeissa seuraavia läpäisylukuja:

Näyte	Horisontti	Veden läpäisy cm³/10 cm²/10	Vastaa tutkimukseni näytettä N:o
1	2	3	4
FROSTERUS; 1; 1914			
Si 13	B 30—40	7 779	1, 2, 3, 4 ja $5_{I—III}$
	C 60—70	11	
Si 15	B 8—23	152	6_{IV}, V
	C 35—40	0	
Vestanqvarn; hiekkakuoppa	B 12—32	3 864	$3_{I}—3_{III}$
» harmaa hiekka	C 200	4 320	$4_{I}—4_{III}$
Ruskeata lihavaa savea	B 23—44	0	10—14
Harmaata » »	C 210	0	
FROSTERUS; 4; 1917			
Hiekka		3 000	3_{II}, 4_{II}
Hieta		400	1, 2, $3_{I}—3_{IV}$, $4_{I}—4_{IV}$
Savi, kertava		0	10—14
» , jäykkä		0	15—21
Urpasavi		1 360	22—24
AARNIO; 3; 1916			
Hieta 60	B 15—25	1 440	1, 2, $3_{I}—3_{IV}$
» 60	C 70—80	12	$4_{I}—4_{IV}$
» 71	B 18—28	48	$6_{III}—6_{V}$
» 71	C 58—68	144	
Savihieta 70	B 18—28	6	$6_{II}—6_{III}$
» 70	C 58—68	4	
Hietasavi 119	B 7—17	3 456	$6_{I}—6_{II}$
» 119	C 40—50	26	$9_{I}—9_{IV}$
» 58	G 18—28	2	
» 58	C 49—59	4	
Savi 68	B 18—28	6	10—21
» 68	C 52—62	4.5	
» 69	B 18—28	6	
» 69	C 58—68	4	
» 56	G 21—31	0	
» 56	C 58—68	0	
AARNIO; 12; 1920			
Hiekka; H 2	Ruokamulta	32	$3_{I}—3_{IV}$
	20—30		$4_{I}—4_{IV}$
	A_2 40—50	888	$5_{I}—5_{III}$
	B 60—70	1 488	
	B 80—90	1 272	
	C 105—115	21 120	
Hieta; E 4	A 15—25	372	1, 2 ja $6_{III}—6_{IV}$
	B_1 30—40	2 676	
	B_2 45—55	1 980	
	C 60—70	2 700	
Savi; H 8	Peltomulta		
	10—20	1 584	16—21
	A_2 30—40	1	
	G 50—60	1	
Savi; K 6; turve	10—20	15	
pikimaa	30—40	34	
	A_2 50—60	69	
Mutaturve; H 10	10—20	360	28—31
	30—40	720	
	G 50—60	1	
Rahkaturve; K 10	10—20	31	32—34
	30—40	54	
	50—60	74	

Näidenkin kokeiden tulosten hajanaisuus on mielestäni omiansa tuomaan esiin suoranaisten läpäisykokeiden tarkoituksettomuuden.

14. *Veden nousu maassa.*

Veden nousu maassa saattaa tapahtua maanpintaan päin suuntautuvan paineen tahi kapillaaristen voimain vaikutuksesta taikka haihtumalla vesihöyrynä maanhuokoistossa.

Ensimmäisessä tapauksessa on kysymyksessä ylempänä olevan (pohja-)veden paineen vaikutus. Tämän paineen paikallinen tehokkuus riippuu paitsi painekorkeudesta, niiden maakerrosten läpäiseväisyydestä sekä matkasta, joiden kautta paineen vaikutus kulkeutuu, ja jolloin myös on otettava huomioon maassa mahdollisesti oleva veden kulkua edistävä suonisto.

Paineen vaikutuksesta maassa nouseva vesi saattaa tulla esiin lähteinä, (arteesisina kaivoina) tai paikallisena voimakkaana märkyytenä. Ilmiöön nähden ovat voimassa samat lait kuin veden painumiseen nähden maassa, josta juuri edellä on ollut puhe; vain vaikuttavain voimain resultantti suuntautuu tässä tapauksessa ylöspäin.

K a p i l l a a r i s i n a voimina, joiden vaikutuksesta vesi maassa kohoaa, toimivat maahiukkasten pintain ja veden välinen adhesio ja vesimolekyylien keskeisestä kohesiosta aiheutunut veden pintajännitys.

Adhesion vaikutuksesta vesi levittäytyy pitkin hiukkasten pintoja; tästä aiheutuu nestepinnan laajentumisia sekä maan monisokkeloisessa huokoistossa sen pinnassa monenmuotoisia käyristymiä. Pintajännitys pyrkii taasen muodostamaan veden pinnan mahdollisimman pieneksi; tällöin nämä syntyneet syvänteelliset käyristymät nesteen pinnassa oikenevat. Kun kuitenkin adhesion vaikutuksesta nestereuna on kulkeutunut samanaikaisesti eteenpäin, ei nestepinnan suoristuminen ehdi tapahtua, vaan aiheutuu näiden voimain yhteisvaikutuksesta vain veden siirtyminen eteenpäin.

Tietenkin nämä voimat maassa vaikuttavat joka suuntaan. Suunnassa alaspäin on niiden vaikutusta edistämässä painovoima, suunnassa ylöspäin sen sijaan on painovoima vastustamassa tätä kapillaarista veden nousua ja vain horisonttaali-suunnassa tapahtuvaan kapillaariliikkeeseen nähden pysyy painovoima indifferenttinä.

Kokeellisesti on havaittu, että kapillaarisessa putkistossa putken säde kertaa veden nousukorkeus on aina sama, lämmön pysyessä yhtä suurena, t. s. jos r = putken säde ja h = veden nousukorkeus sekä k = kapillaarikonstantti, niin

$$r \cdot h = k \text{ ja}$$

$$h = \frac{k}{r} \text{ (mm)}$$

Veden lämmön noustessa pienenee vesimolekyylien keskeinen kohesio ja siis myös pintajännitys sekä senvuoksi myös kapillaarikonstantti.

MITSCHERLICH (40; 1920; 148) mainitsee tämän muutoksen olevan lasin ja veden välillä seuraavanlaisen :

Lämpö:	Sisäinen spes. kitka:	Kapillaarikonstantti:
0° C	100.0	15.41
5° C	84.6	15.26
10° C	73.3	15.13
15° C	63.6	14.98
20° C	56.2	14.84
25° C	49.9	14.70

Jos tämä otetaan huomioon äsken mainitussa kaavassa, saadaan se muotoon:

$$h = \frac{15}{r}(1.0273 - 0.00187\ t)$$

Kapillaarisesta nousukorkeudesta eri suurissa lasiputkissa saadaan seuraavasta valaiseva käsitys:

Säde r:	Nousukorkeus h:
1 mm	14.98 mm
0.1 »	149.80 »
0.01 »	1 498.00 » eli 149.8 cm
0.001 »	14 980.00 » » 14.98 m

Harvimpaan asentoon asettuneitten pallomaisten hiukkasten väliin jäävään suurimpaan huokoseen mahtuu pallo, jonka säde on 0.73 kertaa hiukkasen säde, ja tiukimmassa asennossa on se vain 0.22 kertaa hiukkasen säde.

Tästä selvinnee, että kapillaarisen veden nousukorkeuden pitäisi jo lähellä hienoa hietaa olevissa hiesumaissa olla yli 2:n metrin.

MITSCHERLICH (40; 1920; 135—137) on kapillaarista nousukorkeutta varten johtanut edellä mainitusta kapillaarisuusyhtälöstä kaavan

$$h = \frac{k\ \Sigma f}{2\ w},$$

jossa w merkitsee kapillaarisesti kohonnutta vesimäärää ja Σ f tämän veden kostuttamaa kiinteitten ainesten pintaa (tehopintaa).

Kun MITSCHERLICH määrää hiukkasten tehopinnan hygroskooppisen kosteuden (kostumislämmön) avulla ja grammaa kohti, joutuvat kapillaariseen nousukorkeuteen nähden tehottomat kennomaiset syvennykset ja sisäiset ontelot (elimellisissä maa-aineksissa) mukaan hiukkaspinta-alassa. Kuten edellä on jo myöskin osoitettu, on eri maiden volyymipaino varsin vaihteleva niin, ettei grammaa kohti määrätty tehopinta anna laskelmalle oikeata pohjaa. Tämän vuoksi on kaavan soveltuvaisuus varsin rajoitettu, kuten MITSCHERLICH itsekin huomauttaa. Jos tehopinta on määrätty volyymiyksikköä kohti, ja siten että siinä tulee huomioon otettua vain ulkoiset pinnat, on kaavan sovelluttamiseen laajemmat edellytykset.

KOZENY (66; 1924; 11—16) on johtanut kapillaarista veden nousukorkeutta varten kaavan

$$H = \frac{\sigma}{p \cdot \varsigma \cdot v \cdot d \cdot g}, \text{ jossa}$$

σ = pintajännitys, joka on keskimäärin 73 dyneä/cm
p = huokoisvolyymi murto-osaa koko volyymista
ς = veden tiheys
d = keskimääräinen hiukkassuuruus
vd = huokoishalkasija, (jossa v on varsinainen murtoluku)
g = 981.

Ottamalla p = 0.27, joka vastaa hiukkasten tiukinta asentoa ja $v \cong \sqrt[3]{p} \cong 0.65$, sai hän kaavan muotoon

$$H = \frac{0.42}{d}$$

Ottamalla d:n kunkin hiukkasryhmän hienoimman hiukkasen suuruiseksi (eikä siis hiukkasten keskisuuruutta vastaavaksi) sai hän varsin yhtäpitäviä tuloksia ATTERBERGIN kokeiden antamien tuloksien kanssa.

Sittemmin KOZENY (67; 1927; 281) on nousukorkeuteen nähden johtanut kaavan:

$$H = 0.446 \cdot \frac{1-p}{p} \cdot \frac{1}{d_n}, \text{ jossa } d_n = \text{tehokas hiukkassuuruus.}$$

ZUNKER (68; 1924; 188—197) johti kapillaarista nousukorkeutta varten kaavan:

$$H = \frac{5\ U}{\varepsilon} \text{ cm, jossa}$$

U = spes. tehopinta.

$\varepsilon = \frac{p}{1-p}$ = huokoisvolyymi jaettuna maa-ainesten volyymilla.

p = huokoisvolyymi murto-osaa koko volyymista.

Kapillaarista nousunopeutta varten ZUNKER johti kaavan:

$$v = \frac{192\,000 \cdot \varepsilon}{U\ h} \text{ cm/Tag}$$

Summittaisena, saatua nousunopeutta v vähentävänä tekijänä hän katsoi voitavan käyttää:

	U:	
Varsin lihavassa savessa	1 000	= $^1/_{10}$
Tavallisessa lihavassa savessa	1 000—730	= $^1/_8$
Lihavassa hiesusavessa	730—510	= $^1/_6$
Tavallisessa hiesusavessa	510—340	= $^1/_4$
Hietavassa hiesusavessa	340—130	= $^1/_2$

VERSLUYS (69; 1917; 117—140) jakaa täydellä syyllä maahan kapillaarisesti asettuneen veden kolmeen eri luokkaan. Hän käsittää varsinaiseksi »kapillaariseksi vedeksi» vain sen veden, joka on maassa pohjaveden (phreatisen) pinnan yläpuolella aina siihen korkeuteen saakka, jossa maan huokoisto kokonaan on veden täyttämä, ja tämän veden yläpintaa hän nimittää kapillaarisen veden pinnaksi.

Maassa on kapillaaristen voimain vaikutuksesta vettä yläpuolella tämänkin pinnan. Olotila saattaa olla sellainen, että osa huokoistosta on edelleen täysin, mutta toinen osa sen sijaan vain osittain veden täyttämää veden ollessa kuitenkin yhtäjaksoisessa kulkuyhteydessä; tällaista olotilaa nimittää hän funikulääriseksi.

Vielä korkeammalla vallitsee olotila, jossa kapillaarivoimain vaikutuksesta on vettä pidättynyt vain hiukkasten kosketuskohtien ympärille, mutta puuttuu täten pidättyneeltä vedeltä keskinäinen kulkuyhteys. Tätä kosteustilaa hän nimittää pendulääriseksi.

Täyskapillaarinen ja funikuläärinen olotila saa vetensä joko pohjavedestä kohoten tai vajovedestä pidättäen.

Pendulääriseen kapillaariveden saattaa maa saada vain vajovedestä tai tiivistymällä maan huokoistossa olevasta vesihöyrystä.

Pendulääriseessä olotilassa saattaa maa sisältää vettä enemmän tai vähemmän. Niin pian kuin vesimäärä maassa on lisääntynyt niin paljon, että veden paino voittaa pendulääri-kapillaarivoiman, on pendulääriseen vesimäärä saavuttanut maksimirajansa ja ylivesi painuu vajovetenä alaspäin, mikäli uudenlainen kapillaarinen olotila ei ole

sitä estämässä. Haihtumalla ja myöskin kasviston juuriston välityksellä saattaa penduläärinen vesi vähentyä minimiinsä.

Myöskin funikuläärisessä olotilassa saattaa sama maakerrostuma sisältää enemmän tai vähemmän vettä ja riippuu se maan huokoiston kaliberiston vaihteluista, kerrostuman korkeudesta pohjaveden pintaan nähden sekä veden haihtumisnopeudesta maassa. Funikuläärisessä olotilassa voi maassa vesimäärä vaihdella likipitäen täyttä kapillaarisuutta vastaavasta määrästä lähelle penduläärist vesimäärää.

Täyskapillaarisessa olotilassa on maan kaikki huokoset veden täyttämiä. Kuitenkin vesi saattaa sisältää itsessään ilmaa ja myöskin ilmakuplia sulkeutua huokoistoon kapillaaripinnan kohotessa. Tämän vuoksi voi maa täyskapillaarisessa olotilassakin sisältää jonkin verran ilmaa, vaikkakin se huokoistonsa kaliberin puolesta voisi olla täysin veden täyttämä.

Tutkimuksia kapillaariseen veden nousuun nähden maassa on suoritettu moniin muunlaisiin maaperätutkimuksiin verraten suhteellisesti vähän. Sitä paitsi näissä tutkimuksissa on käytetty pakattua maata, joten on aivan sattuman varassa, missä määrin saadut tulokset ovat ominaisia itse kokeessa käytetylle maalajille. Hiekka- ja hietamaissa, jos pakkaus on huolellisesti suoritettu, saatetaan saada verraten luonnollista olotilaa vastaavia arvoja. Hiesu-, savi- ja orgaanisissa maissa tämä sen sijaan ei ole mahdollista. Suoritetuilla tutkimuksilla onkin katsottava olevan tämän vuoksi pääasiassa vain teoreettinen merkitys.

Wollny (61; 1921; 16, 17 ja 40; 1920; 148) 1884—86 sai kokeissaan seuraavia tuloksia:

Vedennousu kvartsihiekassa cm:ssä:

Nousuaika tunt.	Hiukkasuuruus mm								Liharva savi	Humus
	I 0.1—0.071	II 0.071—0.114	III 0.114—0.171	IV 0.171—0.25	V 0.25—0.50	VI 0.50—1.0	VII 1.0—2.0	Seos I ja VII		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¼	11.2	17.5	11.2	11.0	8.5	4.6	3.0	10.0	1.4	4.0
½	18.5	22 5	12.6	12.4	9.5	4.8	3.0	15.5	2.0	6.0
1	30.0	29.8	15.3	14.7	10.6	5.3	3.2	25.5	3.0	9.2
3	43.9	34.6	16.4	16.5	11.9	6.0	3.4	30.3	5.3	14.0
6	57.1	38.0	17.5	19.0	13.0	6.7	3.6	36.3	7.2	19.0
9	65.6	40.5	18.3	20.0	13.6	7.2	3.9	40.0	9.2	21.4
24	89.0	43.5	23.0	22.0	15.0	8.1	4.4	45.5	15.0	27.8
48	99.5	45.3	25.0	22.8	16.2	8.7	4.7	49.4	19.0	33.5
96		47.0	26.0	24.0	16.9	9.1	5.0	52.5	31.0	37.0
144		48.5	26.8	24.5	17.3	9.4	5.2	55.0	35.2	41.9
192		49.2	27.5	25.1	17.9	9.9	5.6	56.8	39.0	45.4

Atterberg (36; 1911; 334 ja 24; 1920; 101) sai kokeissaan 1908 seuraavia tuloksia:

Hiukkassuuruus mm	Nousukorkeus mm:ssä eri pitkinä aikoina							
	5 min	35 min	5 t.	1 p.	2 p.	4 p.	8 p.	14 p.
5—2	12	15	—	22?	—	—	—	—
2—1	33	37	40	54	60	65	—	—
1—0.5	70	77	92	115	123	131	—	—
0.5—0.2	115	150	180	214	230	237	246	—
0.2—0.1	105	265	? 350	? 316	396	411	428	—
0.1—0.05	—	—	377	530	574	629	850	948
0.05—0.02	—	—	—	1 153	1 360	1 531	1 657	—
0.02—0.01	—	—	—	485	922	1 536	1 933	2 018
0.01—0.005	—	—	—	285	—	—	—	—
0.005—0.002	—	—	—	143	—	—	—	—
0.002—0.000	—	—	—	55	—	—	—	—

Hiukkassuuruus mm	Nousukorkeus mm:ssä eri pitkinä aikoina						
	21 p.	24 p.	30 p.	40 p.	49 p.	53 p.	72 p.
0.1—0.05	975	984	1 000	1 028	1 041	—	1 055
0.05—0.02	1 788	—	—	1 839	1 851	1 860	—
0.02—0.01	2 147	2 226	2 444	—	—	—	—

Johansson (62; 1913; 12—17) on suorittanut kapillaarimääräyksiä putkessa, jonka halkasija oli 22 mm.

Putken täytössä lisättiin maata pienissä erissä ja putkea naputettiin perusteellisesti joka lisäyksen perästä.

Tulokset näkyvät sivulla 137 olevasta ylemmästä taulukosta.

Kingin (70; 1909; 121) suorittamien kokeiden mukaan kohosi vettä hietamaassa 24 tunnissa kapillaarisesti eri pohjavesisyvyyksiin nähden seuraavat määrät:

Pohjavesisyvyys:	Kohonnut vesimäärä:
30 cm	1.18 cm
60 »	1.04 »
90 »	0.61 »
120 »	0.45 »

Sora Kies >2.0	Karkea hiekka Grober Sand 2.0—0.6	Tavallinen hiekka Gewöhnlicher grober Sand 0.6—0.2	Tavallinen hieta Gewöhnlicher feiner Sand 0.2—0.1	Hieno hieta Sehr feiner Sand 0.1—0.02	Hiesu + savi Schluff + Ton < 0.02	Kapillaarinen nousukorkeus Kapillare Steighöhe cm
5.1	6.8	21.2	58.5	6.3	2.3	45.0
0.6	4.0	59.7	30.6	4.1	0.7	36.5
3.1	5.5	36.8	49.3	4.7	0.7	35.6
—	9.9	65.4	21.9	1.9	0.6	29.0
2.7	10.7	54.2	29.4	2.1	1.1	27.5
5.1	18.7	64.7	8.5	1.5	1.6	23.0
2.0	6.1	39.8	48.4	3.2	0.7	21.0
—	14.2	85.7	8.2	0.9	0.7	21.0
2.0	9.3	57.1	29.9	1.3	0.6	20.5
—	23.6	63.5	10.9	1.1	0.8	20.5
16.2	29.2	44.8	6.4	1.6	1.7	20.2
4.4	15.3	62.9	11.9	2.1	3.2	19.5
13.7	36.7	37.4	8.6	1.5	1.7	19.0
—	7.5	83.3	5.1	1.9	2.2	18.1
—	3.4	57.2	36.3	2.1	0.9	18.0
15.9	11.2	60.3	4.8	2.5	3.9	18.0
3.7	19.4	65.3	10.1	0.5	0.8	18.0
27.6	25.4	36.9	3.4	1.8	4.9	18.0
12.5	17.6	58.4	6.6	1.2	4.8	17.4
8.1	18.1	62.1	6.6	1.6	2.8	17.3
—	21.7	72.3	3.4	1.2	1.1	17.0
2.5	14.9	75.8	5.5	0.3	1.0	16.0
—	37.6	60.5	1.2	0.3	0.6	15.0
27.6	34.5	28.8	2.5	2.8	2.5	15.0
24.3	31.1	32.5	10.6	0.7	0.8	13.5
—	26.4	70.4	1.9	0.5	0.4	12.5
8.2	12.0	73.3	3.0	0.7	4.9	12.0
1.5	34.4	59.7	3.0	0.9	0.6	12.0
2.7	34.6	57.4	3.7	0.5	1.0	10.5
—	4.7	87.7	4.9	1.5	1.3	8.5
—	12.6	81.1	3.9	0.9	0.8	7.7
13.3	30.5	51.4	2.0	0.6	2.9	7.0
—	11.8	84.9	1.7	0.5	0.9	5.5

Krüger (71; 1925; 185) sai samantapaisesti järjestetyissä kokeissaan, kuin Johansson oli käyttänyt, seuraavia tuloksia:

Hiekkasuuruksien %-osuus							Veden nousu	
2.0—1.0	1.0—0.5	0.5—0.2	0.2—0.1	0.1—0.05	0.05—0.01	0.01—0.00	cm	Aika tuntia
0.2	0.8	9.9	68.8	19.7	0.2	0.4	45	24
0.2	0.8	9.9	68.8	19.7	0.2	0.4	50	76
0.2	0.8	9.9	68.8	19.7	0.2	0.4	50	48
0.2	0.7	8.9	61.9	17.7	0.2	10.4	50	53
12.0	27.5	56.8	3.2	0.2	0.1	0.2	16	71
10.82	24.83	52.11	9.76	2.15	0.11	0.22	25	101
9.81	20.75	44.25	13.81	3.43	0.10	8.37	30	95
9.81	20.75	44.25	13.81	3.43	0.10	8.37	36	212
Puutarhamaata, humusrikasta hietaa							45	281

Saadakseni kutakin maalajia karakterisoivan kapillaarisuuden selville pidin välttämättömänä, että kokeessa käytetään maata, jossa sen luonnollinen rakenne on säilytetty. Laitteiden keksiminen, joiden avulla tällaisten näytteiden otto olisi mahdollinen, tuotti paljon vaikeuksia. Koetin käyttää m. m. sisältä sileäksi sorvattuja. alapäästään hyvin teroitettuja teräsputkia, joissa halkasija oli 15 cm, Näillä onnistuin saamaan useimmissa maalajeissa 40 cm pitkän virheettömän näytteen. 80 cm pitkässä näytteessä se ei sensijaan enää onnistunut. Monien epäonnistumisien perästä tulin lopuksi seuraavanlaiseen menetelmään.

Teetin vahvasta sinkkipeltistä pyöreitä torvia, joiden poikkileikkaus näkyy kuvassa 53 kiristysvöineen.

Kuva 53.

Alkuaan oli tarkoitus tehdä putket niin suuriksi, että poikkileikkauksen pinta-ala olisi ollut 100 cm^2 ja halkasija siis 11.7 cm Virheellisen työn vuoksi putkien halkasija kuitenkin vaihteli 7.4—9.2 cm ja näkyy haihdutuspinta kuhunkin näytteeseen nähden taulukossa XVI. Kustakin tutkimukseen otetusta maalajista otettiin kolme näytettä: nim. 40, 80 ja 120 cm pitkät.

Näytettä otettaessa oli vain alin kiristysvyö kireällä; ylemmät sen sijaan olivat höllässä, joten torvi suureni ylöspäin. Näytettä otettaessa laskettiin alapää maan pinnalle; senjälkeen kun torven pään ympäriltä oli lapiolla luotu maata pois tarpeellinen määrä, vuoltiin veitsellä juuri torven alapään suuruinen maapylväs ja torvea painettiin alaspäin. Tällä tavoin vähitellen jatkettiin eteenpäin ja maapylväs jäi torven sisään. Kun näyte oli saatu virheettömästi torven pituiseksi, kiristettiin myös ylemmät kiristysvyöt. Milloin näytteen luonnollinen rakenne rikkoutui, otettiin näyte uudelleen. Täten oli näytteet 13_{80}, 16_{80} ja 16_{120} sekä näyte 23_{80} otettava kaksi kertaa. Näyte 23_{120} oli otettava neljään kertaan, ennen kuin se onnistui maassa olevien halkeamien vuoksi. Näyte 13_{120} jätettiin virheellisenä kokeeseen. Murtumisen takia en saanut aivan täysipituisiksi näytteitä 5_{120}, 7_{120} ja 16_{120} sekä 23_{80}.

Näytteet otettiin n. 50 cm:n päästä näytekuopan reunasta ja n. 1.0 metrin etäisyyksillä toisistaan.

Otettujen näytteitten annoin seisoa laboratoriossa muutamia viikkoja, niin että ne ehtivät jonkin verran kuivahtaa, voidakseni siten paremmin todeta kapillaarisen nousunopeuden suorastaan. Kuivuessaan kutistuivat näytteet 15_{120}, 16_{120}, 23_{120} ja 25_{120} hieman ja näytteet 27_{80}, 27_{120}, 28_{80}, 28_{120}, sekä 32_{80} ja 32_{120} huomattavasti.

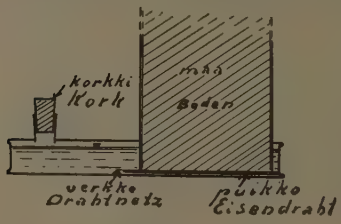
Näiden kapillaarikokeiden käyntiinpanoaika, näytteiden maapaino vesineen, näytteiden vesimäärä yli ilmakuivankosteuden ja

näytteiden haihdutuspinta sekä kokeen lopetusaika näkyvät seuraavasta taulukosta XVI.

Taulukko XVI. **Tabelle XVI.**

Näyte Probe N:o	Koe alkoi Beginn des Versuchs	Näytteen maapaino vesineen Bodengewicht der Probe samt Wasser kg	Näytteen kosteus yli ilmakuivan kosteuden Feuchtigkeit der Probe über der luftrockenen Feuchtigkeit paino-Gewicht-%	Haihdutuspinta Verdunstungsfläche cm²	Koe loppui Beendigung des Versuchs
1	2	3	4	5	
1_{40}	13/I—26 klo 10.30	3.454	3.63	62.2	18/VI—26
1_{80}	13/I—26 » 9.30	7.531	6.22	62.2	21/VI—26
1_{120}	11/I—26 » 15.05	11.470	7.34	60.8	21/VI—26
2_{40}	26/I—26 » 13.00	3.681	3.08	63.6	20/VI—26
2_{80}	26/I—26 » 10.00	8.436	5.26	66.4	15/XII—26
2_{120}	14/I—26 » 11.15	12.595	10.23	58.1	2/XI—27
5_{40}	18/III—26 klo 14.00 ..	3.660	1.32	63.6	20/VI—26
5_{80}	18/III—26 » 13.37 ..	7.745	6.48	66.4	8/V—27
5_{120}	18/III—26 » 13.17 ..	11.837	12.78	58.9	30/X—27
6_{40}	11/II—26 » 13.50 ..	3.644	15.28	63.6	25/X—26
6_{80}	11/II—26 » 13.25 ..	8.083	15.55	62.2	12/VII—27
6_{120}	10/II—26 » 10.50 ..	13.790	9.68	66.4	12/VII—27
7_{40}	19/I —27 » 17 ..	3.513	5.45	62.2	19/IV—27
7_{80}	19/I—27 » 16.25 ..	7.153	9.99	63.6	7/V—27
7_{120}	19/I—27 » 16.12 ..	10.697	16.42	55.4	12/VII—27
9_{40}	20/III—26 » 11.15 ..	3.044	5.86	60.8	20/VI—26
9_{80}	20/III—26 » 11.00 ..	6.328	12.42	59.4	15/XII—26
9_{120}	20/III—26 » 10.45 ..	10.388	12.67	54.8	20/VIII—27
12_{40}	9/IV—26 » 9.30 ..	3.624	5.11	63.6	23/VII—26
12_{80}	9/IV—26 » 9.50 ..	8.458	10.64	63.6	31/III—27
12_{120}	9/IV—26 » 10.15 ..	12.343	12.53	58.1	14/VII—27
13_{40}	20/III—26 » 14.45 ..	3.9467	3.77	65.0	5/VIII—26
13_{80}	20/III—26 » 14.26 ..	7.4000	8.02	58.1	1/VIII—27
13_{120}	20/III—26 » 13.45 ..	12.448	12.04	62.2	29/X—27
15_{40}	9/IV—26 » 11.00 ..	3.3180	5.30	65.0	11/VII—27
15_{80}	9/IV—26 » 11.30 ..	7.7650	13.66	60.8	12/VII—27
15_{120}	9/IV—26 » 10.40 ..	11.254	18.97	58.1	2XI—27
16_{40}	9/IV—26 » 14.20 ..	3.628	9.34	60.8	15/V—27
16_{80}	9/IV—26 » 14.00 ..	7.689	17.16	60.8	16/IX—27
16_{120}	9/IV—26 » 13.40 ..	10.407	20.15	59.4	I/XI—27
23_{40}	10/IV—26 » 10.30 ..	2.561	14.63	69.4	24/XII—26
23_{80}	10/IV—26 » 10.20 ..	5.057	23.85	56.8	16/IX—27
23_{120}	10/IV—26 » 10.05 ..	7.705	32.15	58.9	2/XI—27
25_{40}	10/IV—26 » 14.55 ..	1.653	16.54	62.2	24/XII—26
25_{80}	10/IV—26 » 15.15 ..	5.074	30.50	60.8	12/VII—27
25_{120}	20/IV—26 » 15.30 ..	9.182	32.86	58.1	3/VIII—27
27_{40}	20/IV—26 » 16.10 ..	1.4350	61.00	62.2	28/V—27
27_{80}	20/IV—26 » 15.55 ..	5.0770	29.58	50.2	12/VII—27
27_{120}	20/IV—26 » 15.40 ..	4.0610	54.25	43.0	12/VII—27
28_{40}	20/IV—26 » 16.45 ..	1.986	13.46	62.2	14/XII—26
28_{80}	20/IV—26 » 16.30 ..	2.868	43.60	59.4	12/VII—27
28_{120}	29/IV—26 » 8.45 ..	3.688	58.50	55.4	9/IX—27
32_{40}	29/IV—26 » 9.20 ..	1.009	73.08	63.6	11/VII—27
32_{80}	29/IV—26 » 9.10 ..	2.3198	81.26	58.1	1/VII—27
32_{120}	29/IV—26 » 8.55 ..	4.219	82.62	56.8	22/VIII—27

Kokeessa olivat näytetorvet asetetut peltijalustoille, jotka samalla toimivat vesisäiliöinä. Kuvista 54 ja 55 selviää niiden rakenne.



Kuva 54.

Näytetorvi oli mönjällä ilmatiiviisti kiinnitetty alustaan; säiliöaukon korkissa oli aivan hieno loveus ilman pääsyä varten säiliöön. Myöskin torven liitesauma oli mönjällä tiivistetty. Näyte laitteineen punnittiin juuri ennen kokeen käyntiin panoa.

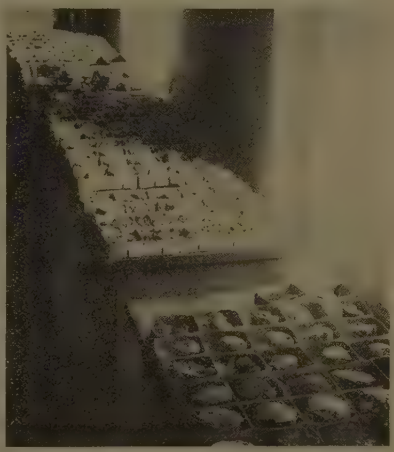
Kuva 55.

Kokeissa käytetty vesi oli Helsingin kaupungin vesijohtovettä. Vesi laskettiin jalustasäiliöön pipetistä, jolloin saatiin tietää, kuinka monta cm^3 vettä oli säiliöön mahtunut kullakin kerralla. Maksimivaihtelu vedenpinnan korkeudessa säiliössä oli 1 cm ja tavallisimmin se oli alle 0.5 cm. Täten joutui näytteen alapäästä, kun otetaan huomioon, että suojusverkko ja sen alla olevat puikot ottivat korkeudesta n. 0.5 cm, olemaan 1.5—2.0 cm vedenpinnan alapuolella.

Nousunopeuden määräämistä varten oli torven seinämään porattu 1 cm:n korkeuseroin reikiä, joiden halkasija oli 2 mm. Näistä reijistä pistettiin maahan imupaperista pyöritettyjä puoloja, joiden sisällä oli hieman mustan vihreätä, liuenneena heleän vihreätä väri-

jauhetta. Milloin kapillaarivesi oli noussut reiän kohdalle, värjäytyi torven ulkopuolelle jäänyt imupaperin pää heleän vihreäksi. Suomaanäytteissä tätä ei voitu käyttää, kun nämä näytteet sisälsivät jo kokeen alussa niin paljon vettä, että imupaperi värjäytyi heti. Kunkin kokeen alussa oli tämä menetelmä varsin selvä, mutta niin pian kuin kapillaarivesi oli noussut korkeammalle, ei imupaperi kyennyt enää imemään vettä selvästi ulos. Myöhemmin tukin myöskin nämä reiät ilmatiiviisti, kun oli oletettavissa, että ne edistäisivät kapillaariveden haihtumista, kuten sitten osottautuikin.

Näytteen punnitus tapahtui heti veden lisäyksen jälkeen, vaikkakaan ei joka kerta, kun vettä lisättiin säiliöön, vaan vasta 1—2 kuukauden väliajoin. Lisäyksessä täytettiin säiliö kokonaan, niin että vesi nousi aivan korkkiaukon alareunan tasalle.



Kuva 56.

Maanpinnalle näytteiden yläpäässä oli levitettynä myös edellä mainittua värijauhetta kapillaariveden yläpäähän saapumisen toteamiseksi. Kun yläpää alkoi kostua, liukeni väriaine sinipunervan väriseksi pysyen pieninä pallosina kuten elohopea. Vasta kun vettä oli noussut runsaammin, liukeni väriaine vihreäksi, levisi ja yläpää värjäytyi.

Niissä näytteissä, joissa veden nousu oli ollut nopea aina yläpäihin saakka, suoritin jatkokokeen siten, että sähkölampun avulla kohotin lämmön näytteen yläpäässä 32—37° ja 45—50° C. Täten voin todeta, kykenikö kapillaarinen vedennousu tyydyttämään nopeammankin haihdunnan.

Kun koe lopetettiin, punnitsin tarkoin näytteen painon, mittasin säiliössä jäljellä olevan vesimäärän, torvi irroitettiin säiliöstä ja avattiin, maanäyte jaettiin heti 5 cm pitkiin paloihin ja punnittiin pahvikoteloissa alkaen alapäästä ylöspäin sekä senjälkeen punnittiin laitteen paino tiivisteineen. Maa pahvikoteloissa sai kuivua huonelämmössä, kunnes se oli saavuttanut konstantin painon, jolloin se sisälsi vain ilmakuivan kosteuden, kuva 56.

Seuraavasta taulukosta XVII näkyy täten haihtuneen veden määrä paino-%:ssa kunkin osanäytteen painosta (kapillaarivesineen). Haihtunut vesimäärä lisättynä ilmakuivan kosteuden määrällä, vastaa kussakin kerroksessa ollutta, koko kapillaarista vettä.

Taulukko XVII. **Tabelle XVII.**

Näyte N:o Probe Nr.	1_{40}				1_{80}				1_{120}			
Maakerros pinnasta Bodenschicht von der Oberfläche	Kapillaarinen vesimäärä Kapillare Wassermenge			Ilmatilavuus Luftvolumen	Kapillaarinen vesimäärä Kapillare Wassermenge			Ilmatilavuus Luftvolumen	Kapillaarinen vesimäärä Kapillare Wassermenge			Ilmatilavuus Luftvolumen
	W_k paino.-Gew.	W_v vol.-	W_v vol.-	L_v vol.-	W_k paino.-Gew.	W_v Vol.-	W_v Vol.-	L_v Vol.-	W_k paino.-Gew.	W_v vol.-	W_v Vol.-	L_v Vol.-
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	24.8	40.8			17.4	26.9			10.6	16.2		
5—10	26.6	44.6	44.1	12.1	19.8	31.1	29.2	27.0	16.4	18.9	18.2	38.0
10—15	27.8	47.3			19.2	30.1			17.2	20.2		
15—20	26.2	43.7			18.5	28.8			15.4	17.4		
20—25	24.0	42.2			18.1	28.0			12.7	20.3		
25—30	25.2	44.9	42.4	10.3	18.5	30.8	31.4	21.3	12.0	19.1	21.5	31.1
30—35	24.1	42.4			19.3	32.4			12.9	20.6		
35—40	23.0	40.0			20.2	34.2			16.0	26.1		
40—45	pohja-				22.2	43.1			18.5	34.4		
45—50	vesi				21.6	41.6	42.2	3.2	19.2	36.0	34.9	10.5
50—55					22.2	43.1			18.8	35.2		
55—60					21.3	40.9			18.2	33.8		
60—65					19.2	37.3			18.4	35.5		
65—70					19.4	37.8	41.7	2.3	18.6	35.8	33.0	11.0
70—75					21.7	43.5			16.1	30.3		
75—80					23.5	48.1			16.1	30.3		
80—85					pohja-				20.7	41.9		
85—90					vesi				19.8	39.7	38.8	3.3
90—95									19.2	38.2		
95—100									18.0	35.4		
100—105									19.8	38.4		
105—110									20.4	39.9	39.2	4.7
110—115									20.3	39.6		
115—120									20.0	38.9		

1	2_{40} 2	3	4	5	2_{80} 6	7	8	9	2_{120} 10	11	12	13
0—5	17.4	28.3			9.1	14.6			4.9	8.7		
5—10	20.6	34.3	32.4	21.5	13.0	20.7	18.5	35.4	9.1	14.6	17.6	36.3
10—15	21.2	35.4			12.9	20.5			13.3	21.2		
15—20	20.1	31.5			11.4	18.2			16.2	26.1		
20—25	20.4	42.0			11.9	20.9			15.4	27.7		
25—30	20.8	39.5	39.6	6.6	12.9	22.8	22.4	23.6	15.0	26.1	28.3	17.7
30—35	19.8	37.3			13.9	24.7			16.0	28.8		
35—40	20.8	39.5			11.9	20.9			16.4	29.8		
40—45	pohja-				12.0	21.3			14.0	25.2		
45—50	vesi				12.0	21.3	25.6	17.6	15.8	28.9	26.9	16.3
50—55					[5])15.4	28.0			14.9	27.0		
55—60					17.2	31.8			14.6	26.4		
60—65					17.6	33.7			14.5	26.9		
65—70					20.3	40.1	39.8	3.2	14.9	27.8	29.8	12.5
70—75					20.8	41.4			16.6	31.5		
75—80					20.7	41.1			17.4	33.2		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
80—85					pohja-				18.2	36.1		
85—90					vesi				17.8	35.2	35.6	4.0
90—95									18.3	36.4		
95—100									17.7	34.1		
100—105									19.3	36.8		
105—110									19.3	36.8	38.4	5.2
115—115									19.9	38.2		
110—120									21.3	41.6		
									pohja-			
									vesi			

	5_{40}				5_{80}				5_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	12	13
0 —5	17.0	26.5			5.9	9.1			[4]) 3.0	5.4		
5—10	18.7	29.6	29.1	24.2	11.1	16.8	15.2	38.2	7.5	11.5	10.6	42.8
10—15	20.1	32.2			11.8	17.9			8.3	12.6		
15 -20	17.9	28.0			11.3	17.1			8.6	13.0		
20 —25	17.1	34.5			10.7	20.3			7.5	14.0		
25—30	17.3	35.0	38.2	0.2	8.8	16.5	16.1	22.3	5.3	9.9	10.6	27.8
30—35	17.9	36.4			8.1	15.1			4.5	8.4		
35—40	22.0	47.0			6.6	12.2			5.4	10.0		
40 —45	pohja-				5.8	10.7			5.9	10.9		
45—50	vesi				6.0	11.0	14.0	28.6	8.5	15.5	24.7	17.9
50 — 55					7.4	13.5			15.9	30.4		
55—60					11.2	20.7			20.8	41.8		
60—65					14.9	31.8			20.0	42.8		
65—70					22.0	47.5	46.5	5.6	21.0	45.1	44.2	7.9
70 -75					23.0	50.0			21.1	45.4		
75 —80					23.7	51.8			20.3	43.5		
80 —85					pohja-				18.7	37.3		
85—90					vesi				24.4	50.7	42.8	7.8
90—95									20.1	40.4		
95—100									21.1	42.6		
100—105									21.9	45.8		
105—110									22.3	46.8	46.3	1.0
110 —115									pohja-			
115—120									vesi			

	6_{40}				6_{80}				6_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0 —5	6.7	11.6			1.5	4.0			3.7	7.1		
5 -10	16.5	28.3	26.8	25.4	5.7	10.0	22.0	30.2	10.1	17.0	19.0	33.2
10 —15	12.4	20.8			[1])14.6	24.7			11.9	20.0		
15 —20	25.0	46.5			26.2	49.4			[2])18.4	32.1		
20 —25	27.7	57.5			25.7	52.0			24.6	49.1		
25 -30	28.7	60.3	58.6	0.0	25.7	52.0	50.6	0.0	23.3	45.8	46.8	0.0
30 —35	29.1	61.5			24.0	47.6			22.8	44.5		
35 —40	26.8	55.1			25.2	50.7			24.1	47.8		
40 —45	pohja-				23.1	46.4			22.8	45.7		
45 —50	vesi				16.9	36.9	42.8	1.6	20.5	40.0	44.6	0.0
50 —55					20.6	40.3			23.6	47.7		
55—60					23.5	47.5			22.5	44.9		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
60—65					25.1	56.2			19.6	41.0		
65—70					23.7	52.2	49.0	0.0	18.2	37.4	37.7	0.0
70—75					21.4	45.7			17.4	35.5		
75—80					20.0	42.1			17.9	36.7		
80—85					pohja-				17.1	30.1		
85—90					vesi				18.6	33.3		
90—95									[3]) 18.4	32.9	33.0	12.7
95—100									19.6	35.7		
100—105									20.8	38.3		
105—110									21.1	38.9	38.8	6.9
110—115									21.1	38.9		
115—120									21.1	38.9		
									pohja-			
									vesi			

	7_{40}				7_{80}				7_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	23.8	35.3			17.6	24.9			[6]) 11.6	16.3		
5—10	27.2	41.8	40.0	20.1	24.3	36.3	33.9	26.2	21.8	31.7	29.2	30.9
10—15	27.1	41.7			24.9	37.3			24.5	36.6		
15—20	26.8	41.0			24.9	37.3			22.0	32.1		
20—25	22.6	42.1			23.8	44.9			19.2	34.6		
25—30	18.8	33.8	37.4	12.1	21.3	39.1	38.9	10.6	16.6	29.3	32.3	17.3
30 35	18.7	33.5			18.5	33.1			17.7	31.5		
35—40	21.8	40.3			21.0	38.5			18.9	34.0		
40—45	pohja-				21.6	38.2			19.2	33.1		
45—50	vesi				22.1	39.3	40.4	11.5	20.0	34.8	35.7	16.2
50—55					23.0	41.3			21.0	36.9		
55—60					23.8	43.0			21.5	38.0		
60—65					24.9	45.7			21.5	38.0		
65—70					23.9	43.4	47.7	5.5	23.9	43.4	44.0	9.2
70—75					26.0	48.3			25.4	45.8		
75—80					27.6	52.3			26.1	48.6		
80—85					pohja-				26.8	47.2		
85—90					vesi.				24.9	42.9	45.6	11.4
90—95									26.0	45.4		
95—100									26.7	46.9		
100—105									29.3	51.5	53.7	3.2
105—110									31.1	56.0		
110—115									pohja-			
115—120									vesi			

	9_{40}				9_{80}				9_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	17.5	24.9			15.7	22.2			[9]) 5.9	9.3		
5—10	20.4	29.5	29.8	30.2	18.2	24.5	26.6	33.4	10.3	14.7	15.7	44.3
10—15	21.8	31.9			19.9	28.7			12.7	18.0		
15—20	22.3	32.8			20.8	30.3			15.5	21.9		
20—25	25.6	47.6			21.4	38.3			15.9	27.3		
25—30	28.3	54.3	53.7	0.0	20.9	37.2	36.9	13.7	17.5	30.3	29.8	20.8
30—35	30.1	59.0			19.4	34.2			17.4	30.2		
35—40	28.1	53.8			21.3	38.0			17.9	31.1		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40—45	pohja-				24.2	43.8			16.4	28.0		
45—50	vesi				23.0	41.2	46.5	6.6	18.2	31.4	32.5	20.6
50—55					26.2	48.5			19.4	33.7		
55—60					[10])27.7	52.6			[10])21.0	37.0		
60—65					[10])30.3	56.9			[10])23.2	40.5		
65—70					[10])35.4	74.1	56.5	0.0	[10])22.2	38.4	44.2	10.2
70—75					[10])28.2	51.7			[10])26.5	47.7		
75—80					[10])24.6	43.5			[10])27.6	50.2		
80—85					pohja-				19.8	37.0		
85—90					vesi				16.5	30.3	31.9	19.2
90—95									16.5	30.3		
95—100									16.3	29.9		
100—105									16.6	36.7		
105—110									17.3	38.4	40.1	0.0
110—115									18.5	41.4		
115—120									19.5	44.0		
									pohja-			
									vesi			

	12_{40}				12_{80}				12_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	20.4	38.9			12.9	23.8			9.0	16.9		
5—10	21.6	41.4	40.9	7.8	15.3	28.3	26.8	21.9	12.8	23.6	23.7	25.0
10—15	22.6	43.8			15.7	29.1			14.7	27.2		
15—20	20.7	39.5			14.0	25.9			14.6	26.9		
20—25	17.2	36.1			14.4	29.8			14.1	29.2		
25—30	16.9	35.4	38.9	5.0	15.1	31.3	31.3	12.6	13.9	28.8	29.6	14.3
30—35	18.6	39.4			15.3	31.8			14.2	29.4		
35—40	20.8	44.8			15.5	32.2			15.0	31.1		
40—45	pohja-				16.0	35.7			15.6	34.7		
45—50	vesi				17.0	38.2	40.3	0.0	16.6	37.2	38.6	0.5
50—55					19.0	43.3			17.9	40.4		
55—60					19.2	43.8			18.5	42.0		
60—65					19.1	44.5			18.0	41.6		
65—70					19.5	45.6	49.3	0.0	18.1	41.8	42.9	0.0
70—75					20.8	49.0			18.8	43.6		
75—80					24.0	58.2			19.1	44.5		
80—85					pohja-				20.0	43.9		
85—90					vesi				20.0	43.9	43.5	1.1
90—95									19.8	43.4		
95—100									19.6	42.9		
100—105									19.7	43.1		
105—110									21.3	47.2	46.2	0.0
110—115									21.4	47.5		
115—120									21.3	47.2		
									pohja-			
									vesi			

	13_{40}				13_{80}				13_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	8.3	17.1			2.7	7.6			[9]) 4.5	10.5		
5—10	12.6	25.4	27.2	17.3	6.7	14.3	14.3	30.2	8.5	17.5	17.4	27.1
10—15	14.7	29.6			8.3	17.1			10.1	20.5		
15—20	17.8	36.5			8.9	18.2			10.5	21.2		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20—25	20.4	44.5	41.3	3.8	9.4	20.4	21.5	23.6	9.7	21.0	20.8	24.9
25—30	19.0	41.1			[8]11.0	23.6			7.4	16.7		
30—35	17.8	38.3			10.3	22.2			8.4	18.5		
35—40	19.1	41.4			9.2	20.0			12.4	26.5		
40—45	pohja-vesi				10.8	22.2	29.8	16.3	15.0	30.8	31.5	14.6
45—50					[7]14.5	29.7			15.6	32.0		
50—55					15.9	32.7			15.2	31.2		
55—60					16.8	34.7			15.6	32.0		
60—65					18.1	37.3	40.5	7.0	16.0	32.7	34.8	12.7
65—70					19.4	40.3			16.2	33.1		
70—75					18.4	38.0			17.2	35.3		
75—80					21.8	46.1			[11]18.4	38.1		
80—85					pohja-vesi				19.1	38.8	40.5	9.1
85—90									[12]19.8	40.4		
90—95									20.2	41.4		
95—100									20.2	41.4		
100—105									21.0	44.0	46.2	1.5
105—110									22.0	46.5		
110—115									23.4	50.1		
115—120									21.2	44.5		
									pohja-vesi			

	15_{40}				15_{80}				15_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	6.4	8.7	17.6	35.2	[15]2.8	4.8	12.4	40.4	[19]6.9	9.2	16.0	36.8
5—10	13.4	17.3			7.6	10.0			13.1	16.9		
10—15	17.5	23.0			12.4	16.0			14.8	18.1		
15—20	16.4	21.4			14.5	18.7			15.2	19.7		
20—25	16.5	33.6	42.6	7.2	17.5	35.7	32.6	17.0	15.2	30.8	31.4	18.4
25—30	17.8	36.4			15.6	31.7			15.2	30.8		
30—35	22.7	47.7			15.2	30.8			15.5	31.4		
35—40	24.6	52.6			15.7	31.9			16.0	32.6		
40—45	pohja-vesi				[13]16.6	34.3	30.0	10.0	17.1	35.3	38.2	9.9
45—50					18.0	37.3			18.1	37.5		
50—55					19.0	39.5			18.1	37.5		
55—60					[14]19.6	40.9			20.3	42.5		
60—65					21.3	42.6	46.8	5.0	20.2	40.1	50.6	1.2
65—70					21.5	43.1			24.3	49.8		
70—75					23.3	47.4			26.2	54.7		
75—80					26.0	54.1			27.4	57.9		
80—85					pohja-vesi				28.0	50.5	51.2	8.2
85—90									27.3	48.9		
90—95									27.7	49.8		
95—100									30.2	55.9		
100—105									32.9	58.7	63.6	0.0
105—110									34.8	63.6		
110—115									36.6	68.6		
115—120									pohja-vesi			

1	16_{40}				16_{80}				16_{120}			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	10.8	20.1			[21]4.1	10.5			[15]6.4	13.6		
5—10	13.7	24.7	26.8	29.2	9.0	17.4	20.7	31.5	12.7	23.1	24.9	31.7
10—15	15.9	28.5			11.9	21.8			15.9	28.4		
15—20	18.9	33.9			18.5	33.1			19.3	34.7		
20—25	21.8	45.1			19.7	40.4			20.0	41.1		
25—30	23.9	50.2	51.1	4.2	19.5	40.0	41.8	13.4	20.0	41.1	42.7	12.5
30—35	25.4	53.9			20.6	42.4			20.9	43.1		
35—40	25.7	54.7			21.4	44.3			22.0	45.6		
40—45	pohja-				22.2	43.2			22.5	43.9		
45—50	vesi				22.0	42.7	43.7	15.0	23.5	46.1	46.6	12.1
50—55					22.2	43.2			23.7	46.5		
55—60					23.4	45.9			25.1	49.7		
60—65					27.0	55.8			26.8	55.3		
65—70					29.4	62.1	61.0	0.0	26.6	54.8	55.0	1.2
70—75					29.5	62.4			26.5	54.6		
75—80					30.0	63.8			26.9	55.6		
80—85					pohja-				28.4	56.8		
85—90					vesi				30.1	61.3	61.7	0.0
90—100									29.7	60.2		
100—105									32.7	68.6		
105—110									34.0	64.7	64.7	0.0
110—115									pohja-			
115—120									vesi			

1	23_{40}				23_{80}				23_{120}			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	26.8	37.6			[20]3.6	8.2			[19]2.3	7.0		
5—10	32.7	48.7	53.4	12.7	5.0	9.5	11.8	54.3	4.4	9.0	10.3	55.8
10—15	35.9	55.6			7.3	11.9			6.4	10.9		
15—20	42.2	71.8			12.6	17.6			9.6	14.3		
20—25	37.8	64.1			21.3	30.6			13.8	19.9		
25—30	31.0	48.2	59.1	9.2	24.5	35.9	37.1	30.4	17.3	24.6	25.8	42.5
30—35	34.2	55.3			26.7	39.8			19.3	27.5		
35—40	39.5	68.8			29.6	45.4			21.5	30.9		
40—45	pohja-				31.9	45.3			23.3	30.5		
45—50	vesi				35.1	51.8	52.3	17.7	26.2	35.0	37.8	32.2
50—55					36.1	54.0			30.0	41.6		
55—60					37.8	57.9			31.2	44.0		
60—65					39.6	54.1			34.4	43.6		
65—70					41.8	59.1	58.9	15.2	37.4	49.5	50.3	23.8
70—75					43.6	63.5			38.6	51.9		
75—80					pohja-				40.6	56.2		
80—85					vesi				41.6	53.5		
85—90									43.6	58.0	63.2	13.7
90—95									47.8	68.6		
95—100									49.3	72.9		
100—105									51.6	68.8		
105—110									53.5	74.3	73.7	5.9
110—115									54.7	78.1		
115—120									pohja-			
									vesi			

	25_{40}				25_{80}				25_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	34.2	36.5			[16])1.8	4.2			[19])5.8	6.9		
5—10	38.6	43.8			10.7	10.6			26.0	25.5		
10—15	35.1	38.0			20.3	19.2			32.1	33.5		
15—20	50.7	71.3			23.2	22.3			28.1	28.1		
20—25	61.4				29.4	30.1			26.8	26.8		
25—30	60.7				30.8	32.0			40.1	47.2		
30—35	60.1				[17])25.9	25.7			43.9	54.9		
35—40	53.4				34.7	37.8			45.0	57.4		
40—45	pohja-				41.3	53.9			45.5	63.8		
45—50	vesi				43.9	59.9			44.4	61.1		
50—55					44.3	60.9			[18])27.5	30.0		
55—60					44.3	60.9			[18])30.3	34.0		
60—65					38.8	57.7			38.1	56.1		
65—70					[18])28.2	36.4			35.6	50.6		
70—75					37.5	54.7			[18])21.0	25.3		
75—80					35.4	50.1			29.1	38.0		
80—85					pohja-				36.0	43.9		
85—90					vesi				34.9	41.9		
90—95									35.0	42.1		
95—100									37.1	46.0		
100—105									35.3	43.4		
105—110									35.9	44.5		
110—115									36.0	44.7		
115—120									pohja-			
									vesi			

	27_{40}				27_{80}				27_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	[24])31.1	11.4			27.0	29.6			[31])18.7	6.6		
5—10	60.6	39.5			59.9	38.1			58.6	35.8		
10—15	69.6	64.7			60.9	40.0			59.3	37.0		
15—20	74.3	89.8			59.9	38.1			59.6	37.6		
20—25	75.0	96.8			59.4	37.2			62.1	40.4		
25—30	73.5	85.8			[28])61.0	40.2			62.9	44.3		
30—35	73.3	84.5			57.6	34.2			61.7	41.7		
35—40	73.6	86.4			[29])48.8	40.3			62.9	44.3		
40—45	pohja-				22.7	42.4			71.1	66.5		
45—50	vesi				21.5	39.7			67.7	54.0		
50—55					21.0	38.6			67.8	54.3		
55—60					20.4	37.2			61.9	39.7		
60—65					20.8	38.1			48.8			
65—70					21.3	39.2			44.0			
70—75					pohja-				58.6			
75—80					vesi				60.4			
80—85									[30])36.9			
85—90									pohja-			
90—95									vesi			
95—100												
100—105												
105—110												
110—115												
115—120												

1	28_{40}				[27])28_{80}				28_{120}			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	24.3	11.1			[25])0.1				5.4			
5—10	28.6	14.3			0.6				[33])9.6			
10—15	37.7	19.4			0.9				[31])12.2			
15—20	41.9	23.0			[26])3.5				23.4			
20—25	58.0	35.3			12.4				26.4			
25—30	67.1	58.9			21.5				[28])56.2			
30—35	59.0	37.1			40.7				56.8			
35—40	60.3	39.7			62.8				61.8			
40—45	pohja-				71.3				[34])71.4			
45—50	vesi				76.0				77.6			
50—55					79.2				77.6			
55—60					83.8				77.5			
60—65					83.3				76.9			
65—70					83.3				77.1			
70—75					82.7				77.3			
75—80					pohja-				79.0			
80—85					vesi				80.2			
85—90									81.4			
90—95									[28])80.1			
95—100									82.6			
100—105									79.1			
105—110									pohja-			
110—115									vesi			
115—120												

1	32_{40}				32_{80}				32_{120}			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0—5	38.2				[31])8.2				9.9			
5—10	72.2				21.7				14.1			
10—15	82.2				73.7				[28])38.6			
15—20	85.7				79.8				73.6			
20—25	[23])87.0				82.4				78.9			
25—30	88.0				82.8				80.6			
30—35	86.6				83.9				82.3			
35—40	87.5				84.0				82.9			
40—45	pohja-				84.3				85.6			
45—50	vesi				86.7				86.6			
50—55					87.8				80.2			
55—60					86.8				83.5			
60—65					[32])82.6				85.3			
65—70					83.3				85.9			
70—75					85.3				87.1			
75—80					pohja-				87.5			
80—85					vesi				87.3			
85—90									86.9			
90—95									88.8			
95—100									88.6			
100—105									87.7			
105—110									pohja-			
110—115									vesi			
115—120												

Huomautusnumerot taulukossa merkitsevät seuraavaa:

1) Halkeama savihietarajassa.
2) Mutakerros yläpäässä.
3) Karkeata hiekkaa yläpäässä.
4) Näyte 6 cm korkea.
5) Okrpalsi.
6) Näyte 3 cm korkea.
7) Hiiltä 20—40 cm:n välillä.
8) Halkeama ylipäässä.
9) Näyte 4 cm korkea.
10) Multavuutta.
11) Hajonnut yläpää, halkeama.
12) Suuri lovi, halkeaman yläpuolella ja hajonnut kokkareihin.
13) Halkeama yläpäässä.
14) Hajoinen.
15) Näyte 4 cm korkea.
16) Näyte 3.5 cm korkea.
17) Halkeama ja maan muutos murasta saviliejuksi.
18) Hietaa.
19) Näyte 6 cm korkea.
20) » 2.5 » »
21) » 2.0 » »
22) Halkeama keskellä näytettä.
23) Halkeama yläpäässä.
24) Näyte 3 cm korkea.
25) » 4 » »
26) Savea näytteissä 0—20.
27) Näytteessä lahoamattomia lehtiä.
28) Yläpäässä halkeama.
29) Muraa/hiesua.
30) Savea mukana.
31) Näyte 3 cm korkea.
32) Halkeama maassa.
33) Ilmaväliä 4 cm alapuolella.
34) Halkeama näytteen puolivälissä.

Kapillaariveden painoprosenttimäärä ei anna oikeata käsitystä tämän vesimäärän merkityksestä maassa, kun eri maalajien volyymipaino ja huokoisuusprosentti ovat varsin vaihtelevia. Vasta sitten saamme selventävän käsityksen olotilasta tässä suhteessa, kun meillä on tieto tämän vesimäärän volyymista sekä samalla huokoisuusprosentista.

Katsoin kuitenkin liian paljon aikaa vieväksi enkä ehdottomasti tarpeen vaatimaksi määrätä volyymia, maan painoa ja huokoisuutta jokaisen kapillaarinäytteen maapilarin 5 cm:n korkuista osasta kohti, jolloin nämä määräykset olisi ollut suoritettava 720 (672) kertaa.

Kuten edellä sivuilta 62—64 käy selville, on nim k. o. maalajeihin nähden jo määrätty nämä ominaisuudet, joita tuloksia sitten olenkin käyttänyt laskelmissani kapillaarinäytteisiin nähden.

Kun kuitenkin nämä määräykset on suoritettu 20 cm korkeisiin näytteisiin nähden, olisi meidän laskelmissa käsiteltävä kapillaarinäytteiden neljää peräkkäisnäyteosasta yhdessä eli siis näytteitä: 0—5, 5—10, 10—15 ja 15—20 yhdessä; 20—25, 25—30, 30—35 ja 35—40 yhdessä jne. Tämän kautta saavuttaisimme tiedon kapillaarisesta olotilasta kuitenkin vain 20 cm korkeaa maapilaria kohti ja menetämme edun tämän olotilan tuntemisesta jokaista 5 cm korkeata maapilaria kohti.

Tämän vuoksi olen menetellyt siten, että olen sovelluttanut jokaiseen 5 cm korkeaan osanäytteeseen samaa volyymipaino- ja huokoisprosenttiarvoa, kuin vastaavaan 20 cm korkeaan näytteeseen nähden olen saanut. Kun kuitenkin näiden 5 cm korkeiden peräkkäisnäytteiden volyymipaino ja huokoisuus ei yleensä ole aivan sama kuin niiden keskiarvoa vastaavan 20 cm korkean näytteen vastaavat arvot, niin johtuu tästä virheellisyyttä. Kun tutkimuksessani maalajit ovat verrattain homogeenisia, jää tämä virheellisyys useimmissa näytteissä vähäiseksi verrattuna voitettuun etuun. Suurin virhe saattaisi syntyä siirryttäessä ruokamullasta perusmaahan ja toisesta maalajista toiseen, kuten näytteissä 5, 4, 6, 25 ja 27. Kun kuitenkin maalajin vaihtumisraja on tiedossa, ei sekään pääse sanottavaa virheellisyyttä synnyttämään.

Jos merkitsemme

P = kiinteiden maa-ainesten paino kg/dm³,
P_k = saman maan paino kapillaarivesineen kg/dm³,
w_i = samassa maassa ilmakuivana oleva vesimäärä paino-%,
w_k = samassa maassa kapillaarisessa olotilassa oleva vesimäärä yli ilmakuivan vesimäärän paino-%,

niin on

$$P_k = \frac{P \cdot 100}{100 - (w_k + w_i)}$$

Jos edelleen merkitsemme

w_v = kapillaarisessa olotilassa maassa oleva koko vesimäärä tilavuus-%:ssa,
H_v = maanäytteen huokoistilavuus %:ssa,

L_v = kapillaarisessa olotilassa maassa oleva ilmamäärä tilavuus-%:ssa,

niin

$w_v = (P_k - P) \cdot 100$ ja

$L_v = H_v - w_v$.

Taulukosta VII saadaan kunkin näytteen P (sareke 2) ja H_v (sareke 5) -arvot sekä taulukosta X (sareke 13) w_i-arvo ja taulukosta XVII (sareke 2) w_k-arvo.

Edellä esitetyllä tavalla suoritettujen laskelmien tulokset kapillaarinäytteiden sisältämästä vesimäärästä ja ilmasta näkyvät taulukossa XVII volyymiprosentteina, vesimäärä erittäin kutakin 5 cm ja 20 cm korkeata maapilaria kohti ja ilmakapasiteetti vain 20 cm korkeata maapilaria kohti.

Äsken mainitussa taulukossa XVII näkyvä eri kerroksissa ollut vesimäärä ei yleensä vastaa sitä maksimivesimäärää, mikä maassa saattaa olla k. o. pohjavesisyvyyden yläpuolella, vaan vastaa se vain sitä vettä, mikä jää maahan kokeen aikaisten haihdunta-olosuhteiden vallitessa maan saadessa vetensä vain alhaalta päin.

Näytteissä, joissa vesi ei noussut kapillaarisesti yläpäähän asti, kaadoin vettä yläpään kautta näytteeseen saadakseni tietää, missä määrin se kykenee säilyttämään tämän korkeamman vesikapasiteetin. Tulokset näkyvät seuraavasta taulukosta XVIII:

Taulukko XVIII. **Tabelle XVIII.**

Näyte Probe N:o	Vettä lisätty yläpään kautta Wasser von oben her zugeführt cm³	Lisätystä vedestä haihtui Von dem zugeführten Wasser verdunsteten cm³	Näyte Probe N:o	Vettä lisätty yläpään kautta Wasser von oben her zugeführt cm³	Lisätystä vedestä haihtui Von dem zugeführten Wasser verdunsteten cm³
2_{120}	700	386	23_{80}	50	16
5_{120}	790	530	23_{120}	60	34
6_{80}	110	99	25_{120}	300	200
6_{120}	170	159	27_{80}	154	109
13_{80}	380	242	27_{100}	70	43
15_{40}	70	56	28_{80}	35	11
15_{80}	191	32	28_{120}	400	161
15_{120}	508	118	32_{40}	53	36
16_{40}	62	60	32_{80}	100	84
16_{80}	472	425	32_{120}	150	86
16_{120}	595	280			

Ennen veden lisäämistä yläpään kautta oli paino vielä lisääntyvä vaikkakin perin hitaasti seuraavissa näytteissä:

2_{120}, 15_{80}, 15_{120}, 16_{120}, 23_{80}, 23_{120}, 25_{120}, 27_{80}, 28_{120}, 32_{40} ja 32_{80}.

Näytteen 28_{120} suuri veden pidätys verrattuna muihin orgaanisiin maihin johtui sen yläpään pienestä kosteusmäärästä näytteessä olleen avovälin vuoksi.

Huomattavasti pidättyi vettä pysyvästi vain pitempiin kivennäismaanäytteisiin. Muissa kivennäismaanäytteissä ja orgaanisissa maissa pidättyvä lisäysvesimäärä oli jo suhteellisesti pieni ja pysyvä painonlisäys jäi vähäiseksi.

Kun meillä on tieto näytteen volyymista ja sen sisältämästä kosteusmäärästä ennen kokeen käyntiin panoa sekä kosteusmäärästä lopullisessa kapillaarisessa olotilassa sekä tunnemme myös vesimäärälisäykset ja painonlisäykset, voimme laskea kapillaarisen nousunopeuden.

Kokeessani näytteen kosteusmäärä ennen koetta tunnettiin vain koko näytteeseen nähden yhteisesti eikä ollut tietoa eri osissa näytettä olevasta kosteudesta.

Kun nämä kapillaarinäytteet kuivuessaan ennen koetta olivat peltitorvissa makuuasennossa molemmat päät avonaisina, on hyvin todennäköistä, että kuivuminen näissä päissä oli voimakkaampi kuin muissa osissa näytettä. Kun sitä paitsi näytteiden ottokosteus oli alapäissä korkeampi kuin yläpäissä, on otaksuttavissa, että näissä kosteus pysyi edelleenkin korkeampana, mikäli maan laatujen eroavaisuus ei ollut asiaan toisin vaikuttamassa.

Kuten edellä esitetyistä kapillaarivesimääristä näkyy, ulottuu avonaisissa päissä tapahtuvan nopean kuivumisen vaikutus huomattavassa määrässä kuitenkin vain verraten matalaan eli n. 5—10 cm:n syvyyteen. Kun kosteus kapillaarinäytteissä ennen koetta oli pieni, jää eroavaisuus tämän vuoksi muutenkin vähäiseksi.

Ruokamullassa ja näytteissä, joissa oli eri maalajikerrostumia, laskin näytteen eri osain kosteusprosentin yhteiskosteusmäärästä samassa suhteessa, kun k. o. maalajien ilmakuivat kosteudet ovat.

Näytteiden alapäissä kapillaarinen vedennousu oli kokeessa nopea. Kun haihdunta tällöin ei ehdi vaikuttaa sanottavasti ja kun vedennoususta voidaan tehdä tarkat havainnot, saadaan ennen koetta näytteiden alapäissä vallinnut kosteusmäärä osittain tarkistettua. Laskettu kapillaarinen nousu ei nim. saa ylittää havaittua nousua; jos tulos osoittaisi sellaista on alkukosteus laskettu liian korkeaksi.

Näytteissä 25, 27, 28 ja 32, joissa orgaaniset ainekset ovat määrääviä, ei nousevan kapillaariveden tilavuusprosenttia voida luotettavasti laskea, kun näiden maiden volyymipainot ovat pieniä vesimäärään nähden ja saattavat varsin suuressa määrin vaihdella samassa tasossakin olevissa lähekkäin otetuissa näytteissä, ja kun näissä laskelmissa käytetään yleisnäytteiden tutkimuksessa saatuja volyymipainoja ja huokoisuutta sekä ilmakuivaa kosteutta.

Jos merkitsemme

w_n = koko kapillaarinäytemaan vesimäärä paino-% yli ilmakuivan kosteuden ennen koetta,

w_k, w_i ja w_v = kuin edellä ja

w_p = kapillaarinen puuttuva vesimäärä vol.-%, niin

$$w_p = (w_k - w_n) \frac{w_v}{w_k + w_i}$$

Taulukossa XIX näkyvät edellä esitetyllä tavalla lasketut eri kerroksista puuttuvat kapillaaristen vesien määrät volyymiprosentteina.

Taulukko XIX. **Tabelle XIX.**

N:o	1_{40}	1_{80}	1_{120}	2_{40}	2_{80}	2_{120}	5_{40}	5_{80}	5_{120}	6_{40}	6_{80}	6_{120}
Syvyys pinnasta Bodenschicht von der Oberfläche cm	Puuttuva kapillaarinen vesi: w_p Fehlendes Kapillarwasser: w_p vol.-%											
0—20	34.9	17.5	9.8	25.3	8.8	0.8	25.1	3.4	1.5	3.5	0.0	0.0
20—40	34.1	17.7	8.3	31.2	12.1	8.0	34.8	5.4	0.3	25.7	9.0	13.6
40—60		27.0	19.8		15.3	6.0		3.6	2.4		8.4	12.4
60—80		33.5	17.7		26.7	8.4		19.6	3.2		24.0	11.0
80—100.....			22.9			13.5			7.0			27.5
100—120.....			27.1			25.8			13.4			38.8

N:o	7_{40}	7_{80}	7_{120}	9_{40}	9_{80}	9_{120}	12_{40}	12_{80}	12_{120}	13_{40}	13_{80}	13_{120}
Syvyys pinnasta Bodenschicht von der Oberfläche cm	Puuttuva kapillaarinen vesi: w_p Fehlendes Kapillarwasser: w_p vol.-%											
0—20	19.1	17.0	5.0	18.7	7.6	0.0	25.0	5.1	0.8	16.5	0.0	0.0
20—40	35.3	12.0	3.0	39.4	13.5	7.0	27.9	6.0	3.2	28.9	3.2	0.0
40—60		19.0	4.5	37.2	21.6	8.1		11.0	9.3		9.3	4.2
60—80		35.3	9.3		28.4	7.9		28.7	10.1		20.9	4.9
80—100.....			13.6			7.3			10.2			10.3
100—120.....			32.5			20.8			22.8			16.5

N:o	15_{40}	15_{80}	15_{120}	16_{40}	16_{80}	16_{120}	23_{40}	23_{80}	23_{120}	25_{40}	25_{80}	25_{120}
Syvyys pinnasta Bodenschicht von der Oberfläche cm	Puuttuva kapillaarinen vesi: w_p Fehlendes Kapillarwasser: w_p vol.-%											
0—20	9.2	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	26.3	0.0	0.0			
20—40	26.7	2.0	0.0	25.9	3.3	0.0	30.5	0.0	0.0			
40—60		6.4	0.0		4.8	3.9		5.7	0.0			
60—80		14.9	5.0		19.0	8.9		14.0	0.0			
80—100.....			10.2			15.3			0.0			
100—120.....			21.2			21.1			0.0			

Kun merkitsemme

V = maavolyymi cm^3:ssä

w_p = puuttuva kapillaarivesimäärä vol.-%

w_t = vesimäärälisäykset cm^3:ssä tuntia kohti

T_v = laskettu aika, missä maavolyymi-V:stä puuttuva kapillaarista vesimäärää-w_p:tä vastaava vesi on noussut näytteeseen,

niin

$$T_v = \frac{V \cdot w_p}{w_t \cdot 100} \text{ tuntia.}$$

Kun edelleen on tiedossa maavolyymin korkeus, saadaan samalla tietää myös näytteen kokeen aikaista kosteustilaa vastaava nousunopeus.

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, ei veden kapillaarisessa noussa samalla korkeudella oleva maan huokoisto yleensä täyty samanaikaisesti, vaan saattaa tässä suhteessa olla varsin huomattavaa eroa ajassa. Tämän vuoksi äsken mainitulla tavalla laskettu nousunopeus ei vastaa todellista nousunopeutta, vaan on tavallisesti tätä huomattavasti pienempi.

Taulukosta XX näkyy jokaista 10 cm:n korkeuseroa kohti havaittu ja laskettu nousunopeus. Nousunopeuden laskemisessa ei ole otettu huomioon saman aikaista haihduntaa.

Vaikkakin nämä taulukossa XX näkyvät kapillaariset nousunopeudet ovat useassa tapauksessa k. o. maalajia karakterisoivia, ei niitä voida kuitenkaan täysin rinnastaa, kun kokeessa eri näytteiden alkukosteustila oli erilainen.

Seuraavista taulukoista XXI, XXI (a) ja XXI(b) näkyvät veden lisäykset cm^3:ssä, kunkin näytteen haihduttama vesimäärä cm^3:ssä ja mm:ssä sekä vastaava lämpötila.

Taulukko XX. **Tabelle XX.**

Nousukorkeus Steighöhe cm	Kapillaarinen nousunopeus Kapillare Steiggeschwindigkeit: havaittu aika Beobachtete Zeit tuntia Stunde	Kapillaarinen nousunopeus Kapillare Steiggeschwindigkeit: laskettu aika huomioimatta haihduntaa Berechnete Zeit ohne Rücksicht auf die Verdunstung tuntia Stunde	Kapillaarinen nousunopeus Kapillare Steiggeschwindigkeit: havalttu aika Beobachtete Zeit tuntia Stunde	Kapillaarinen nousunopeus Kapillare Steiggeschwindigkeit: laskettu aika huomioimatta haihduntaa Berechnete Zeit ohne Rücksicht auf die Verdunstung tuntia Stunde	Kapillaarinen nousunopeus Kapillare Steiggeschwindigkeit: havalttu aika Beobachtete Zeit tuntia Stunde	Kapillaarinen nousunopeus Kapillare Steiggeschwindigkeit: laskettu aika huomioimatta haihduntaa Berechnete Zeit ohne Rücksicht auf die Verdunstung tuntia Stunde
N:o	1_{40}		1_{80}		1_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	1/2	1/2	2/3	2/3	1/3	1/3
20	6	23	2	2	1	1
30	48	120	3 3/4	4	4	4 1/2
40	142	405	6 1/2	8	12 1/2	13
50			9	10 1/3	20 3/4	23
60			24	25 1/2	34	41
70			108	138	53	61
80			(336)	327	72	80
90					—	89
100					—	108
110					—	138
120					(768)	236
N:o	2_{40}		2_{80}		2_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	4	4	1	2 1/2	1/2	2/3
20	12 1/2	14 1/2	9	48	5	80
30	—	41	194	216	12 1/2	264
40	—	261	—	475	33	480
50			—	672	—	648
60			—	888	—	816
70			—	1 032	—	912
80			(2592)	1 152	—	1 032
90					—	1 200
100					—	1 368
110					—	—
120					(10 728)	1 392
N:o	5_{40}		5_{80}		5_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	1/10	1/10	1	147	[illegible]	3 1/2
20	1/2	1 1/6	264	576	[illegible]	336
30	26	49	—	648	—	576
40	162	264	—	696	—	816
50			—	912	—	864
60			—	1 056	—	960
70			—	1 176	—	1 008
80			(5 760)	1 296	—	1 152
90					—	1 176
100					—	1 200
110					—	1 224
120					—	1 248

N:o	6_{40}		6_{80}		6_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	72	103	6	7	5 min.	5 min.
20	—	816	96	105	18 »	18 »
30	—	888	432	174	40 »	40 »
40	(3 360)	984	—	245	2 1/2	3
50			—	360	12	22
60			—	552	240	107
70			—	—	—	252
80			—	—	—	408
90					—	624
100					—	840
110					—	—
120					—	—

N:o	7_{40}		7_{80}		7_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	20	20	12	12	2 3/4	2 3/4
20	78	79	27	27	34	35
30	(288)	240	73	73	(104)	66
40	(1 056)	456	105	105	(281)	121
50			120	124	(502)	168
60			(216)	184	—	240
70			(480)	312	—	288
80			(1 296)	960	—	336
90					—	360
100					—	384
110					(2 182)	432
120						

N:o	9_{40}		9_{80}		9_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	120	34	69	96	240	7
20	—	240	—	372	600	173
30	—	372	—	493	—	292
40	408	528	—	641	—	384
50			—	732	—	552
60			—	858	—	648
70			—	936	—	816
80			1 294	1 006	—	984
90					—	1 104
100					—	1 272
110					—	—
120					2 664	—

N:o	12_{40}		12_{80}		12_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	48	48	22	24	—	24
20	—	53	264	267	—	88
30	—	149	—	436	—	148
40	192	276	—	624	—	224
50			—	720	—	266
60			—	840	—	428
70			—	960	—	536
80			1 392	1 056	—	696
90					—	768
100					—	816
110					—	840
120					10 464	864

N:o	13_{40}		13_{80}		13_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	13	15	26	26	—	—
20	77	144	240	296	—	
30	-	376	—	564	—	—
40	720	805	—	768	—	—
50			—	840	—	—
60				936	—	-
70			—	—	—	
80			—	—	—	—
90						
100						
110						
120						

N:o	15_{40}		15_{80}		15_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	—	240	-	120	—	240
20	—	816	—	312	—	552
30		1 104	—	480	-	768
40		1 452	—	648	—	936
50			—	768	—	1 080
60				816	—	1 176
70			—		-	—
80			—	-	—	-
90					—	
100					—	-
110					—	—
120					—	—

N:o	16_{40}		16_{80}		16_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	18	24	2	2	2	5
20	—	528	192	288	168	336
30	—	744	—	408	—	840
40	—	1 104	—	552	—	1 320
50			—	672	—	1 632
60			—	792	—	1 944
70			—		—	2 088
80			—	—	—	2 232
90					—	—
100					—	-
110					—	—
120					—	-

N:o	23_{40}		23_{80}		23_{120}	
1	2	3	4	5	6	7
10	—	24	24	25	—	
20	—	576	—	96	-	—
30	—	1 224	—	142	-	—
40	—	1 704	—	552	—	—
50			—	—	—	—
60			—	—	—	—
70			—	—	—	—
80			—	—	—	—
90					—	—
100					—	—
110					—	—
120					-	—

Taulukko XXI. **Tabelle XXI.**

Aika Zeit Tag	1_{40} Veden lisäys Wasserzufuhr	Haihtuminen Verdunstung		Lämpö Temperatur	Aika Zeit Tag	1_{80} Veden lisäys Wasserzufuhr	Haihtuminen Verdunstung		Lämpö Temperatur	Aika Zeit Tag	1_{120} Veden lisäys Wasserzufuhr	Haihtuminen Verdunstung		Lämpö Temperatur
p.	cm³	cm³	mm	C°	p.	cm³	cm³	mm	C°	p.	cm³	cm³	mm	C°
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	436	1			1	972	1			1	723	1		
4	160	5			4	115	7			4	470	7		
10	234	78			10	154	84			10	163	86		
15	204	172			15	196	145			15	152	131		
30	1 034	256	41.2	15.0	30	1 437	236	38.0	15.0	30	1 441	225	36.2	15.0
30	463	376	60.5	15.5	30	400	350	56.3	15.5	30	340	275	44.2	15.5
30	464	385	61.9	16.7	30	424	370	59.7	16.7	30	315	282	45.3	16.7
30	411	383	61.6	17.8	30	395	360	57.9	17.8	30	291	278	44.7	17.8
2	155	155	24.9	29.0	3	145	118	19.0	36.0	4	45	59	9.5	37.0
2	385	385	61.9	49.0	3	174	164	26.4	52.5	2	19	34	5.5	56.0
30	431	383	61.6	21.2	15	255	189	30.4	21.2	15	131	82	13.2	21.2
	2_{40}					2_{80}					2_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	7	10	11	12	13	14	15
1	514	—			1	340	—			1	271	7		
4	128	—			4	54	—			4	47	28		
10	127	—			10	113	—			10	101	70		
15	188	—			15	163	—			15	111	100		
30	957	302	47.5	14.9	30	670	85	12.7	14.9	30	530	205	35.3	15.0
30	363	315	49.5	16.1	30	286	130	19.6	16.1	30	213	204	35.1	15.5
30	383	325	51.1	17.2	30	270	170	25.6	17.2	30	200	190	32.7	16.7
30	328	302	47.5	18.3	30	223	188	28.3	18.3	60	323	360	62.0	18.8
2	111	88	13.8	37.0	30	228	217	32.7	21.3	60	343	340	58.5	22.4
2	131	109	17.1	50.0	60	464	442	66.6	22.6	60	295	265	45.6	18.4
15	219	168	26.4	21.2	30	193	193	29.1	17.5	60	242	242	41.7	16.7
					2	12	22	3.3	31.0	90	310	299	51.4	15.8
					2	13	25	3.8	46.0	180*	384	218	37.5	18.9
					90	507	459	69.2	16.4	60**	723	409	70.4	19.2
	5_{40}					5_{80}					5_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	566	2			1	114				1	97	7		
4	90	8			4	11				4	9	27		
10	148	35			10	70				10	39	66		
15	194	150			15	112				15	76	97		
30	998	195	30.7	16.7	30	307	106	16.0	16.7	30	221	197	33.5	16.7
30	333	315	49.5	17.8	30	143	112	16.9	17.8	30	155	192	32.6	17.8
30	332	330	51.9	19.8	30	156	112	16.9	19.8	30	177	185	31.4	19.8
2	160	175	27.5	35.0	3	178	112	16.9	22.2	30	124	145	24.6	22.2
1	76	84	13.4	51.0	60	359	217	32.7	21.2	30	120	105	17.8	22.6
15	185	169	26.6	22.5	60	286	260	39.2	16.7	60	154	130	22.1	18.4
					90	329	363	54.7	15.7	150	307	304	51.6	15.9
					30*	85	127	19.1	16.1	60*	87	77	13.1	16.5
					5	13	24	3.6	34.0	150**	938	668	113.4	19.9
					30	68	72	10.8	16.5					

	6_{40}					6_{80}					6_{120}			
1	2	8	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	141	—			1	242	—			1	961	6		
4	21	—			4	70	—	—	—	4	78	25		
10	61	—			10	155	—			10	127	70		
15	84	—			15	97	—	—		15	160	114		
30	307	60	9.4	15.5	30	564	59	9.7	15.5	30	1 326	215	32.4	15.5
30	145	95	14.9	16.7	30	164	75	12.1	16.7	30	295	230	34.6	16.7
30	118	105	16.5	17.8	30	86	80	12.9	17.8	30	238	235	35.4	17.8
30	112	110	17.3	19.8	30	88	85	13.7	19.8	30	223	240	36.1	19.8
30	112	110	17.3	22.5	30	146	90	14.5	22.5	30	251	250	37.6	22.5
30	113	112	17.6	22.9	60	262	157	25.2	21.3	60	429	391	58.9	22.9
2	7	12	1.9	35.0	90	202	192	30.9	16.4	90	458	438	65.9	16.4
2	4	9	1.4	47.0	90	152	147	23.6	15.7	90	487	485	73.0	15.7
30	104	76	12.0	16.4	60*	69	65	10.4	16.5	45*	87	95	14.3	16.3
					90**	172	166	26.7	18.1	60**	240	229	34.5	17.3

	7_{40}					7_{80}					7_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	310	1			1	439	1			1	340	3		
4	168	7			4	425	7			4	160	12		
10	154	24			10	212	26			10	170	27		
15	138	45			15	120	52			15	189	43		
30	770	77	12.4	15.7	30	1 196	86	13.5	15.7	30	859	85	15.3	15.7
30*	273	233	37.5	15.9	30*	193	128	20.1	15.9	30*	148	84	15.2	15.9
30	310	245	39.4	16.3	30	217	135	21.2	16.3	30	86	70	12.6	16.3
3	97	111	17.8	27.0	2	27	42	6.6	29.0	30	95	73	13.2	16.7
2	66	76	12.2	30.0	2	37	44	6.9	31.0	30	86	70	12.6	17.3
10	101	77	12.4	17.1	30	215	188	29.6	16.5	30	101	91	16.4	20.1

	9_{40}					9_{80}					9_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	251	2			1	142	—			1	148	4		
4	129	8			4	31	—			4	62	20		
10	203	19			10	158	—			10	94	59		
15	230	125			15	329	—			15	117	81		
30	813	154	25.3	16.7	30	660	41	6.9	16.7	30	421	156	28.5	16.7
30	335	270	44.4	17.8	30	403	150	25.2	17.8	30	192	171	31.2	17.8
30	307	270	44.4	19.8	30	339	300	50.5	19.8	30	221	180	32.8	19.8
1	29	71	11.7	36.0	30	309	305	51.4	22.2	30	216	177	32.3	22.2
5	161	171	28.1	49.0	60	570	570	96.0	21.2	30	181	153	27.9	22.6
10	142	87	14.3	22.0	2	14	53	8.9	31.0	30	144	93	17.0	19.8
					2	22	39	6.6	48.0	90	316	272	49.6	16.4
					90	613	562	94.6	16.4	60	193	189	34.9	15.6
										180*	372	262	47.8	17.9

	12_{40}					12_{80}					12_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	245	3			1	209	2			1	183	3		
4	232	18			4	85	9			4	116	12		
10	283	56			10	112	24			10	178	29		
15	206	190			15	135	45			15	141	47		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30	966	267	42.0	17.2	30	541	75	11.8	17.2	30	618	91	15.7	17.2
30	383	382	60.0	18.3	30	236	100	15.7	18.3	30	211	95	16.3	18.3
5	254	295	46.4	34.0	30	221	185	29.1	21.2	30	176	96	16.5	21.2
4	191	207	32.5	52.0	30	238	238	37.4	23.2	30	185	98	16.9	23.2
30	380	377	59.3	23.2	60	411	411	64.6	19.8	30	150	90	15.5	22.1
					60	349	349	54.9	16.4	30	113	88	15.1	17.5
					2	19	26	4.1	26.0	150	630	589	101.3	15.8
					2	14	28	4.4	38.0	120*	325	282	49.5	16.8
					60	405	325	51.1	15.6					
					30*	164	162	25.5	16.1					
	13_{40}					13_{80}					13_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	245	2			1	147	2			1	96			
4	112	9			4	47	8			4	48			
10	131	26			10	74	25			10	80			
15	141	49			15	81	45			15	111			
30	629	86	13.2	16.7	30	349	80	13.8	16.7	30	335			
30	261	251	38.6	17.8	30	142	98	16.9	17.8	30	131			
30	257	247	38.0	19.8	30	139	105	18.1	19.8	30	110			
5	39	47	7.2	38.5	30	124	111	19.1	22.2	30	93			
3	12	12	1.8	56.0	30	111	102	17.6	22.6					
30	205	178	27.4	23.8	30	108	91	15.7	19.8					
					60	194	180	31.0	16.8					
					90	235	235	40.5	15.7					
					60*	92	80	13.8	16.1					
					90**	470	322	55.4	18.2					
	15_{40}					15_{80}					15_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	138	2			1	104	5			1	97	7		
4	40	8			4	5	20			4	32	27		
10	81	20			10	76	50			10	73	68		
15	80	30			15	80	80			15	74	98		
30	339	60	9.2	17.3	30	265	155	25.5	17.3	30	276	200	34.4	17.3
30	136	75	11.5	18.30	30	165	160	26.3	18.3	30	236	198	34.1	18.3
30	134	81	12.5	21.2	30	172	165	27.1	21.2	30	212	195	33.6	21.2
60	201	154	23.7	22.6	60	330	250	41.1	22.6	30	191	180	31.0	23.2
60	142	137	21.1	17.0	60	179	169	27.8	17.0	60	330	305	52.5	19.8
90	168	148	22.8	16.8	90	197	177	29.1	16.8	60	298	295	50.8	16.4
30	47	44	6.8	15.7	30	59	59	9.7	15.7	90	414	414	71.2	15.6
45*	54	54	8.3	16.3	45*	55	36	5.9	16.3	120*	170	100	17.2	16.8
90**	176	162	24.9	19.2	90**	293	134	22.0	19.2	120**	620	330	56.8	21.7
	16_{40}					16_{80}					16_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	170	2			1	163	3			1	158	5		
4	30	11			4	30	14			4	38	17		
10	85	29			10	46	36			10	69	43		
15	77	36			15	81	59			15	65	63		
30	362	78	12.8	17.8	30	320	112	18.4	17.8	30	330	128	21.5	17.8
30	121	78	12.8	19.8	30	132	118	19.4	19.8	30	120	122	20.5	19.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30	107	78	12.8	22.2	30	154	121	19.9	22.2	30	122	120	20.2	22.2
30	103	78	12.8	22.6	30	138	117	19.2	22.6	30	121	115	19.4	22.6
30	94	67	11.0	19.8	30	121	97	16.0	19.8	30	105	89	15.0	19.8
30	112	67	11.0	17.0	30	73	63	10.4	17.0	30	85	80	13.5	17.0
90	267	266	43.8	15.9	150	332	324	53.3	15.9	150	387	397	66.8	15.9
60	171	159	26.1	15.8	60*	76	68	11.2	16.3	120*	161	91	15.3	16.8
45*	77	92	15.1	16.2	120**	555	391	64.3	20.4	120**	688	368	62.0	21.7
30**	125	123	20.2	16.8										
	23_{40}					23_{80}					23_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	255	3			1	139	4			1	50	11		
4	35	17			4	27	16			4	8	44		
10	74	44			10	45	43			10	59	82		
15	92	68			15	36	65			15	123	119		
30	456	132	19.0	17.8	30	247	128	22.5	17.8	30	240	256	43.4	17.8
30	244	135	19.4	19.8	30	122	131	23.0	19.8	30	257	229	38.9	19.8
30	263	135	19.4	22.2	30	154	137	24.1	22.2	30	194	210	35.6	22.2
30	217	135	19.4	22.6	30	170	140	24.6	22.6	30	155	200	34.0	22.6
30	188	135	19.4	19.8	30	125	89	15.7	19.8	30	125	134	22.7	19.8
30	153	140	20.2	17.0	60	153	127	22.4	16.7	60	189	192	32.6	16.7
60	418	320	46.1	16.2	120	217	198	34.8	15.8	120	297	348	59.1	15.8
3	32	45	6.5	27.0	180*	274	192	33.8	18.9	180*	241	151	25.6	18.9
2	30	35	5.1	33.0	30**	97	63	11.1	18.0	120	227	201	34.1	19.5
30	199	174	25.1	15.8										
	25_{40}					25_{80}					25_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	101	3			1	54	4			1	87	4		
4	58	12			4	10	19			4	14	18		
10	140	32			10	152	89			10	38	48		
15	346	49			15	133	114			15	65	70		
30	645	96	15.4	17.8	30	349	226	37.1	17.8	30	204	140	24.1	17.8
30	250	96	15.4	19.8	30	280	228	37.5	19.8	30	133	140	24.1	19.8
30	208	96	15.4	22.2	30	233	233	38.3	22.2	30	147	147	25.3	22.2
30	234	96	15.4	22.6	30	151	205	33.7	22.6	60	255	206	35.5	21.2
30	262	240	38.6	19.8	30	123	123	20.2	19.8	60	201	194	33.4	16.8
30	289	240	38.6	17.0	90	315	309	50.8	16.4	90	273	296	49.2	15.7
30	272	240	38.6	16.4	90	196	192	31.6	15.7	60*	82	65	11.2	16.5
3	116	136	21.9	24.0	60*	90	79	12.7	16.5	90**	339	239	41.1	19.5
3	88	101	16.8	31.0	60**	265	135	22.2	17.3					
30	300	253	40.7	15.3										
	27_{40}					27_{80}					27_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	107	2			1	143	6			1	129	6		
4	48	8			4	32	23			4	30	30		
10	89	20			10	42	66			10	83	84		
15	95	29			15	83	85			15	115	140		
30	339	59	9.5	17.8	30	300	170	33.9	17.8	30	357	260	60.5	17.8
30	180	75	12.1	19.8	30	177	175	34.8	19.8	30	287	282	65.6	19.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30	152	90	14.5	22.2	30	191	188	37.5	22.2	30	339	290	67.4	22.2
60	325	305	49.1	21.7	60	328	291	59.0	21.7	60	501	471	109.5	21.7
90	337	321	51.6	16.2	90	335	335	66.7	16.2	90	407	399	92.8	16.2
90*	341	341	54.8	15.8	90	326	326	65.0	15.8	90	331	331	77.0	15.8
2	16	11	1.8	30.0	45*	87	70	13.9	16.2	60*	160	160	37.2	16.4
2	13	14	2.3	41.0	90**	297	252	50.2	18.2	60**	178	151	35.1	17.3
30	130	121	19.5	16.7										
	28_{40}					28_{80}					28_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	135	1			1	128	1			1	113	6		
4	37	4			4	32	4			4	45	24		
10	153	12			10	69	13			10	65	50		
15	233	21			15	65	22			15	80	75		
30	558	38	6.1	17.8	30	294	40	6.7	17.8	30	303	155	28.0	17.8
30	512	82	13.2	19.8	30	142	75	12.6	19.8	30	120	148	26.7	19.8
30	454	208	33.4	22.6	30	124	78	13.1	22.2	30	138	138	24.9	22.2
30	294	275	44.2	22.6	30	119	75	12.6	22.6	30	160	105	19.0	22.6
15	157	157	25.2	21.5	30	108	72	12.1	21.5	60	228	188	33.9	19.2
2	101	109	17.5	30.0	90	242	234	39.4	16.4	60	142	159	28.7	16.1
6	591	623	100.2	47.0	60	151	148	24.9	15.6	60	117	117	21.1	15.6
30	168	159	25.5	17.0	45*	114	104	17.5	16.3	120*	144	89	16.1	17.1
60	355	341	54.8	16.1	90**	217	193	32.5	18.2	90**	490	261	47.1	21.5
	32_{40}					32_{80}					32_{120}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	157	2			1	87	4			1	182	4		
4	72	8			4	3	20			4	39	18		
10	107	22			10	50	50			10	49	46		
15	121	38			15	81	80			15	73	70		
30	457	70	11.0	18.30	30	221	154	26.5	18.30	30	343	138	24.3	18.30
30	179	114	17.9	21.2	30	168	160	27.5	21.2	30	105	148	26.0	21.2
30	185	120	18.9	23.2	30	187	168	28.9	23.2	30	107	138	24.3	23.2
30	111	98	15.4	22.1	30	145	115	19.8	22.1	30	96	108	19.0	22.1
30	106	95	14.9	17.5	30	128	111	19.1	17.5	30	83	82	14.4	17.5
90	206	172	27.0	16.0	90	204	228	39.2	16.0	90	159	158	27.8	16.0
60	137	118	18.6	15.7	60	84	104	17.9	15.7	60	86	126	22.2	15.7
60*	138	129	20.3	16.3	60*	68	66	11.4	16.3	60*	72	69	12.1	16.3
90**	226	209	32.9	19.4	90**	166	148	25.5	19.4	90**	239	189	33.2	19.4

* merkitsee näytteen tiivistystä ennen k. o. jaksoa.
** merkitsee veden lisäystä yläpään kautta ennen k. o. jaksoa.

Taulukko XXI (a) **Tabelle XXI (a)**

Näyte Probe N:o	Haihdunta 100:ssa päivässä Verdunstung binnen 100 Tagen		Näyte Probe N:o	Haihdunta 100:ssa päivässä Verdunstung binnen 100 Tagen	
	lämpömäärä Temperatur °C	lopullisessa kapillaaritilassa im schliesslichen Kapillarzustand mm		lämpömäärä Temperatur °C	lopullisessa kapillaaritilassa im schliesslichen Kapillarzustand mm
1	2	3	4	5	6
1_{40}	17.8	205	13_{120}	—	—
1_{80}	17.8	193	15_{40}	16.3	18
1_{120}	17.8	149	15_{80}	15.7	13
2_{40}	18.3	158	15_{120}	16.8	14
2_{80}	17.5	97	16_{40}	16.2	34
2_{120}	18.9	21	16_{80}	16.3	19
5_{40}	19.8	173	16_{120}	16.8	13
5_{80}	16.1	64	23_{40}	16.2	77
5_{120}	16.5	22	23_{80}	18.9	19
6_{40}	19.8	54	23_{120}	18.9	14
6_{80}	16.5	17	25_{40}	16.4	129
6_{120}	16.3	32	25_{80}	16.5	21
7_{40}	16.3	128	25_{120}	16.5	19
7_{80}	16.3	71	27_{40}	15.8	61
7_{120}	16.3	42	27_{80}	16.2	31
9_{40}	19.8	148	27_{100}	16.4	62
9_{80}	21.2	160	28_{40}	21.5	168
9_{120}	17.9	27	28_{80}	16.3	39
12_{40}	18.3	200	28_{120}	17.1	13
12_{80}	16.1	85	32_{40}	16.3	34
12_{120}	16.8	41	32_{80}	16.3	19
13_{40}	19.8	127	32_{120}	16.3	20
13_{80}	16.1	22			

Haihdunta oli useimpiin kokeisiin nähden jo tavallisessa huonelämmössä maksimissaan, joten tätä haihtunutta vesimäärää voidaan näihin nähden pitää kapillaarisen nousunopeuden mittana. Muutamissa näytteissä haihdunta kuitenkin vilkastui huomattavasti sähkölamppulämmityksessä, kuten seuraavasta taulukon XXI (b) jatkosta näkyy:

Taulukko XXI (b) **Tabelle XXI (b)**

1	2	3	4	5	6
1_{40}	49.0	3 100	12_{40}	52.0	749
1_{80}	52.5	880	23_{40}	33.0	212
2_{40}	50.0	855	25_{40}	24.0	622
5_{40}	51.0	1 212	27_{40}	41.0	107
7_{40}	30.0	530	28_{40}	47.0	1 578
7_{80}	31.0	290			
9_{40}	49.0	529			

Maksiminousunopeus ei tullut vieläkään näkyviin täysin selvästi näytteissä: 1_{40}, 1_{80}, 2_{40}, 5_{40}, 7_{40}, 7_{80}, 9_{40}, 12_{40} ja 28_{40}.

Kuten taulukoista nähdään, on kapillaarinen nousunopeus hieta- (1), hiesu- (7 ja 9) ja hiesusavimaissa (12) verraten korkea, samaten

kuin matalasta pohjavesisyvyydestä urpasavi- (23), mura- (25) ja mutamaissa (28). Lihavissa savimaissa (15, 16) ja rahkasoissa (32) sekä myöskin suuremmasta pohjavesisyvyydestä mutasoissa on kapillaarinen nousunopeus ollut varsin hidas. Missään maalajissa kapillaarinen nousukorkeus ei saavuttanut vielä maksimikorkeuttaan pohjaveden ollessa 1.20 m:n syvyydessä.

Tuloksia tarkastettaessa havaitaan myös, että kapillaarisuus on maissa, joissa luontainen rakenne on säilytetty, varsin toisenlainen kuin pakatuilla mailla saaduissa kokeissa.

Tämän tapaisia tutkimuksia vastaisuudessa järjestettäessä on syytä käyttää suurempikokoisia näytteitä. Tällöin eivät maassa olevat paikalliset erikoisominaisuudet, kuten esim. palsiutumat, pääse vaikuttamaan koetulokseen samassa määrin haitallisesti kuin pienissä näytteissä ja myöskin näytteiden otto on helpompi. Varsin sopivana voitaneen pitää näytteitä, joissa säde on 17.83 cm ja haihdutuspinta 1 000 cm^2.

15. Maan kemiallinen kokoomus.

pH-, CaO-, Fe_2O_3- ja Al_2O_3-määräykset.

Kulttuuritekniikassa on pidetty tarpeellisena tuntea erikoisesti ojaetäisyyden kannalta maan rauta- ja kalkkipitoisuus. Ilmeistä onkin, että näiden ainesten suurempi tai pienempi määrä maassa on omiansa vaikuttamaan sen fysikaalisissa ominaisuuksissa eroavaisuuksia.

pH-luku pidetään tärkeänä tuntea pääasiassa vain kasvullisesti tärkeänä tekijänä. Sillä on kuitenkin merkitystä maalajien luokittelunkin kannalta, sillä se on erinäisiä maalajeja varsin karakterisoiva. Missä määrin maan pH-lukuun vaikuttavat tekijät ovat luonnehtimassa fysikaalisia ominaisuuksia maassa, on epätietoista. Kuitenkin voitaneen pitää vääränä käsitystä, joka kieltää tässä suhteessa täysin näiden tekijäin merkityksen. Onko näillä seikoilla esim. vaikutusta kuivumiskutistumisen aiheuttaman maan rakoilun permanenttisuuteen, siitä ei ole tietoa. Todennäköiseltä kuitenkin tuntuu, että asianlaita on näin, ja johtunee se useiden elektrolyyttien koaguloivasta vaikutuksesta. Niinpä maalajeissa 22—24 ja 25—26, joissa rakoilu on permanenttinen, on pH-luku varsin alhainen ja elektrolyyttipitoisuus korkea, kun taasen maalajeissa 15—21, joissa rakoilu on tempporäärinen, pH-luku on korkea ja elektrolyyttipitoisuus alhainen.

Al_2O_3-pitoisuuden tunteminen on omiansa täydentämään mekaanisen maa-analyysin antamia tuloksia saviaineksen suhteen.

CaO-, Fe_2O_3- ja Al_2O_3-määräyksissä maa-aines liuotettiin 23 %:een suolahappoon.

pH-luku on määrätty sähköllistä menettelyä käyttäen.

Tutkimuksien tulokset näkyvät taulukosta XXII.

Taulukko XXII. **Tabelle XXII.**

Näyte Probe N:o	pH	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	Näyte Probe N:o	pH	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1_{I}	6.00				2_{I}		0.59	4.28	4.30
1_{II}	6.33	0.60	3.96	1.98	2_{II}		0.63	1.98	4.56
1_{III}	6.33				2_{III}				
1_{IV}	6.47				2_{IV}		0.46	2.36	1.98
1_{V}	6.50	0.50	2.36	3.54	2_{V}				
1_{VI}	6.50				2_{VI}		0.42	1.94	2.58
3_{I}	5.35	0.22	0.68	0.30	4_{I}	5.48	0.25	1.16	1.43
3_{II}	5.45	0.10	0.09	0.05	4_{II}	5.82	0.21	0.84	1.19
3_{III}	5.21	0.48	1.21	1.32	4_{III}	5.97	0.25	1.77	1.34
3_{IV}	5.30	0.20	0.88	1.27	4_{IV}	6.67	0.31	1.32	1.19
3_{V}	5.81	0.72	6.05	4.76	4_{V}	7.23	1.02	4.53	5.30
3_{VI}	5.76	0.83	5.44	4.59	4_{VI}	6.34	0.94	5.00	2.67
5_{I}	5.41				6_{I}	4.62	0.64	4.79	5.99
5_{II}	5.72	0.17	1.69	1.68	6_{II}	4.89	0.73	3.07	4.25
5_{III}	6.54				6_{III}	5.04			
5_{IV}	6.64	0.59	9.26	10.69	6_{IV}	5.24	0.37	0.89	2.63
5_{V}	6.70	0.49	7.09	8.86	6_{V}	5.65			
5_{VI}	6.70				6_{VI}	—	—	—	—
7_{I}	4.43	0.39	3.26	4.01	10_{I}	5.02	0.86	6.07	5.84
7_{II}	4.21	0.77	4.15	3.53	10_{II}	5.73	0.89	5.81	7.80
7_{III}					10_{III}	5.68	1.30	5.24	7.23
7_{IV}	3.89	0.85	5.21	4.42	10_{IV}				
7_{V}					10_{V}	5.88	1.33	10.00	1.66
7_{VI}	3.89	0.75	4.82	4.65	10_{VI}				
9_{I}	6.35	0.71	6.51	4.62	12_{I}	6.24			
9_{II}	5.50				12_{II}	6.60			
9_{III}	5.95	0.55	4.41	8.21	12_{III}	6.24			
9_{IV}	6.00				12_{IV}	6.80			
9_{V}	5.90	0.72	6.39	7.11	12_{V}	6.60			
9_{VI}	5.85				12_{VI}	6.65			
14_{I}	6.20	0.75	6.13	8.74	15_{I}		0.42	7.09	7.83
14_{II}	6.10				15_{II}				
14_{III}	6.10	0.92	7.35	7.37	15_{III}		0.62	8.37	8.69
14_{IV}	6.19				15_{IV}				
14_{V}	5.90				15_{V}		0.80	8.94	10.43
14_{VI}	5.90	1.04	9.33	7.84	15_{VI}	—	—	—	—
16_{I}	6.26				18_{I}	5.60			
16_{II}	6.46				18_{II}	5.92			
16_{III}	6.80				18_{III}	6.78			
16_{IV}	6.90				18_{IV}	7.05			
16_{V}	6.80				18_{V}	7.16			
16_{VI}	6.80				18_{VI}	7.12			
19_{I}		0.36	8.69	11.00	20_{I}		0.44	11.50	10.80
19_{II}		0.45	9.84	13.25	20_{II}		0.44	10.86	12.82
19_{III}		0.65	8.27	16.34	20_{III}		0.48	7.92	17.05
19_{IV}					20_{IV}				
19_{V}		0.80	7.57	17.70	20_{V}		0.82	10.66	13.30
19_{VI}					20_{VI}				

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
21_{I}	6.18				22_{I}	4.99			
21_{II}	6.17				22_{II}	4.74			
21_{III}	6.33				22_{III}	4.58			
21_{IV}	6.70				22_{IV}	4.23			
21_{V}	6.87				22_{V}	4.21			
21_{VI}	6.96				22_{VI}				
23_{I}		0.57	10.22	9.13	24_{I}		0.50	6.39	9.06
23_{III}					24_{II}				
23_{III}		0.42	9.13	10.69	24_{III}		0.22	10.35	9.91
23_{IV}					24_{IV}				
23_{V}		0.26	7.60	10.14	24_{V}		0.28	8.24	10.37
23_{VI}					24_{VI}				
25_{I}	6.0	0.22	4.73	5.20	26_{I}	5.39			
25_{II}	4.0				26_{II}	5.58			
25_{III}	3.87				26_{III}	4.01			
25_{IV}	3.50	0.68	7.73	8.04	26_{IV}	3.60			
25_{V}	5.12				26_{V}	3.67			
25_{VI}	—	0.67	8.11	12.78	26_{VI}	3.67			
25_{VII}	—								
27_{I}	5.84	0.42	4.15	2.84	28_{I}	5.00	0.20	4.22	
27_{II}	5.77	0.40	3.35	3.84	28_{II}	4.89			
27_{III}	5.74				28_{III}	4.80	0.77	5.23	0.59
27_{IV}	5.87	1.37	5.68	7.98	28_{IV}	5.00			
27_{V}					28_{V}	4.95			
27_{VI}					28_{VI}	4.90	1.62	3.70	1.35
29_{I}					30_{I}				
29_{II}					30_{II}				
29_{III}					30_{III}				
29_{IV}					30_{IV}				
29_{V}					30_{V}				
29_{VI}					30_{VI}				
32_{I}	3.45	0.22	0.132	0	33_{I}	4.75			
32_{II}					33_{II}	3.77			
32_{III}	3.85	0.13	0.128	—	33_{III}	3.60			
32_{IV}					33_{IV}	3.72			
32_{V}	3.57	0.09	0.224	—	33_{V}	4.03			
32_{VI}					33_{VI}	4.21			

Aikaisemmin on maassamme varsinkin Frosterus ja Aarnio suorittaneet edellä esitettyihin eri maalajeihin nähden joukon tutkimuksia myöskin niiden kemiallisesta kokoomuksesta. Kun tämän kemiallisen kokoomuksen tunteminen on omiansa antamaan eri maalajeista täydellisemmän käsityksen, olen pitänyt tarkoituksenmukaisena liittää tähän osan näiden tutkimuksien tuloksista. On kuitenkin selvää, etteivät nämä tulokset tarkoin vastaa tutkimukseni vastaavien maalajien kemiallista kokoomusta, vaan tuovat vain yleispiirteisesti k. o. ominaisuudet esiin. Taulukosta XXIII näkyy lähemmin tämä kemiallinen kokoomus.

Taulukko XXIII **Tabelle XXIII**

Maalaji Julkaisu Näyte	Näytteen-ottosyvyys cm	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	P_2O_5	Hehkutus-häppio	Yhteensä
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Hiekka, Hieta:													
3; 1916; 8, 21													
Sä 76	50—65**	78.48	10.52	1.84	jälk.	1.98	0.45	3.14	2.09			1.54	100.04
Sä 76	50—65 *	0.55	1.26	0.70		0.10	0.07	0.12	0.05	0.05	0.04	0.61 +0.63	4.18
14; 1927; 47													
Alajärvi ..	60—70 **	70.72	7.65	10.22	jälk.	0.65	0.24	1.64	1.55		0.61	3.99 +1.72	98.99
Savihiesu:													
14; 1927; 44													
Tervajoki .	60—100**	57.17	13.47	8.47	—	2.74	3.12	2.42	1.99	0.23 (+0.51)	0.96 a 0.02	8.03	99.11
Hiesusavi:													
3; 1916; 15, 23													
Sä 68	49—60 **	62.70	14.65	6.55	0.82	2.14	2.19	2.87	3.36	0.20	0.30	4.97	100.75
Sä 68	49—60 *	6.98	6.57	5.44		0.74	0.51	0.54	0.09	0.09	0.12	2.76 +0.59	24.43
Lihava savi:													
12; 1920; 34													
K													
Pikimaa ..	20—45 *	16.16	10.25	5.94		1.05	0.89	1.15	0.24	0.06	0.20	6.28 +9.64	51.86
	45—55*	8.81	4.74	3.22		0.78	0.92	0.54	0.12	0.03	0.14	1.51 +0.44	21.25
	55—83*	23.55	16.14	7.02		0.94	1.90	1.79	0.25	0.02	0.19	4.84 +0.79	57.43
	110—113.5*	23.58	12.30	11.43		1.14	2.13	1.97	0.37	0.02	0.20	3.59	56.73
	110—113.5**	49.80	20.21	11.73		1.66	3.64	4.13	1.83	—	—	7.41	100.41
15; 1928; 10													
Loimaa ...	100—120**	57.00	17.50	8.95	—	1.45	3.03	4.66	1.72	jälk.	—	6.02	100.33
Urpasavi:													
4; 1917; 45—47 1 d ...	50—55**	62.00	12.38	7.28	0.68	1.76	1.81	2.73	1.87	0.53	0.40	8.80	100.24
	50—55*	9.06	6.16	4.72		0.41	0.60	0.84	0.11	0.13	0.14	3.49 +1.99	27.66
	10—15*	5.55	6.13	0.38		0.36	0.30	0.73	0.10	0.09	0.31	6.00 +10.61	36.46
	20—30*	7.51	6.17	11.57		0.26	0.57	0.85	0.12	0.18	0.63	5.91 +6.49	40.17
	40—45*	7.06	4.06	5.81		0.29	0.84	0.69	0.20	0.12	0.22	3.09 +2.41	24.79
	150—160*	9.27	4.10	4.60		0.56	1.39	0.87	0.07	1.82	0.13	3.19 +2.01	28.01
15; 1928; 10													
Mietoinen .	45—65**	61.33	14.81	2.56 (+3.16)	0.56	1.21	2.19	2.98	2.22	0.27 (+0.07)	0.45	5.50 +3.08	100.39
14; 1927; 44													
Smedsby ..	50—70**	61.25	13.78	5.83	—	1.98	2.29	2.76	2.78	0.22 (+0.17)	0.39	6.30 +2.15	99.90
Savilieju:													
15; 1928; 10													
Vehmaa	10—30**	46.60	10.14	8.22	0.65	1.35	2.36	2.77	1.33	2.16 +0.91	0.80	12.33 +10.48	100.10

Merkki: ** tarkoittaa kokonaisainesmääräystä.
» * » laimeaan suolahappoon liukenevaa ainemääräystä.

Taulukossa mainittu *hiekka ja hieta* vastaa lähinnä tutkimuksieni näytteitä 1—4, 5_{I}—5_{III}, 6_{III}—6_{V}, *savihiesu* näytteitä 7 ja 8, *hiesusavi* näytteitä 10—14, *lihava savi* näytteitä 15—21, *urpasavi* näytteitä 22—24 ja *savilieju* näytteitä 25—26.

16. *Maalajien luokittelu.*

Sen tarkoituksen mukaan, mitä kysymyksiä maaperätutkimuksien avulla on pyritty ratkaisemaan, on laadittu useita maalajien luokitteluja.

Ekström (9; 1927; 8—14) mainitsee useita tällaisia, kuten geneettisen ja petrograafisen luokittelun, mekaanisen kokoomuksen mukaisen luokittelun, minerologisen, kemiallisen, fysikaalisen jne luokittelun.

Kulttuuriteknillisesti olisi ymmärrettävää maalajien luokittelu fysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Kun kuitenkin kulttuuriteknillisesti merkitsevä tekijä on maassa useamman eri fysikaalisen ominaisuuden yhteistulos ja kun nämä eri fysikaaliset ominaisuudet eri maalajeissa useastikaan eivät muutu samansuuntaisesti, ei mitään yleispätevästi edullista luokittelua tälle pohjalle voida luoda.

Katson tämän vuoksi yhä yleisemmin käytäntöön tullutta maan mekaanisen kokoomuksen perusteella tehtyä luokittelua myöskin kulttuuriteknillisiä tarkoituksia varten sopivimmaksi. Tämä luokittelu on senkin vuoksi puollettavissa, kun sillä kansan kielenkäytössä on käytännöllinen tukensa. Tosin kieli tässä suhteessa on horjuva paikkakunnittain siten, että esim. hiekka- ja hieta- seutujen asukas sanoo saveksi maata, joka on savisehtavaa hietahiesua tai savisehtavaa hietaa, eikä käsitteissä hiekka ja hieta sekä hieta ja hiesu ole selvää eroa olemassa. Yleispiirteisesti ottaen kansan kielenkäyttö maalajeihin nähden ja maan mekaaniseen kokoomukseen perustuva luokittelu kuitenkin kulkevat yhdensuuntaisesti. Vain erääseen maalajiin nähden kansa jättää sen saviluonteen ilmaisematta ja käyttää siitä yleensä vain erikoisnimitystä; tämä maalaji on urpasavi (murusavi, ryynisavi; grynlera; Bröckelton), josta kansa käyttää nimityksiä urpamaa, tävymaa.

Ollakseen käytännöllisesti merkitsevä täytyy luokittelun olla sellaisen, että itse luonnossa esiintyvät eri maalajit sen kautta erottuvat toisistaan ja maa saadaan ominaisuuksiltaan samalla karakteri-

soitua. Tätä ei saavuteta sovelluttamalla mekaanisen maa-analyysin antamia tuloksia kaavamaisesti t. s. luokittelemalla maat vain niiden eri suuruisten hiukkasten prosenttiosuuksien mukaan.

Mekaanisen analyysin antamien tuloksien perusteella voitaisiin esim. arvella, että näytettä 9 ja näytteitä 25—26 vastaavat maalajit olisivat samoja tai ainakin hyvin läheisiä toisilleen; vertaamalla vain volyymipainoa, huokoisuutta taikka kutistuvaisuutta huomataan kuitenkin, että kysymyksessä on kaksi aivan erilaista maalajia. Myöskin näytteitä 7 ja 8 vastaavan maalajin luulisi olevan likipitäen samaa maalajia kuin 9 on; kun sitäpaitsi volyymipaino, huokoisuus, kutistuminen jne ovat likipitäen samoja. Vain orgaanisten ainesten ja ilmakuivan kosteuden määrässä on suurempaa eroavaisuutta olemassa; tämän voisi arvella vaikuttavan sen, että maalaji n:o 9 olisi pehmeämpää. Todellisuudessa on asia kuitenkin päinvastoin ja n:o 9 on kaivuvaikeudeltaan yleensä vaikeampaa kuin n:o 7 ja 8:n maalaji ja mitä vaikeinta syvemmältä. Edelleen voitaisiin ajatella että toisaalta näytteitä 10—14 ja toisaalta 22—24 vastaavat maalajit olisivat samoja tai toisilleen läheisiä. Jo vain volyymipainoja vertaamalla nähdään kuitenkin, että asianlaita ei ole näin.

Vertaamalla niitä tuloksia, mitä Aarnio (14; 1927; 38) on saanut tutkimuksissaan Etelä-Pohjanmaalla, tullaan samoihin tuloksiin. Hän laskee esim. hietoihin kuuluvaksi maalajin (Alajärvi), jonka kokoomus on: savea 19.60 %, hiesua 33.20 %, hietaa 44.64 % ja hiekkaa 1.60 %, mutta saviin maalajin (Jalasjärvi), jossa on savea 17.34 %, hiesua 39.12 %, hietaa 42.95 % ja hiekkaa 0.66 %. Hyvin läheisesti samantapaisia esimerkkejä on samassa tutkimuksessa useampiakin.

Kun siis eri maalajeja ei voida erottaa toisistaan yksinomaan mekaanisen kokoomuksen pohjalla, on siihen perustuvaa luokittelua täydennettävä. Tällaisena täydentävänä ominaisuutena voitaisiin ajatella maalajin synnyn määräämistä ja lähinnä, onko kysymyksessä glasiaalinen vai postglasiaalinen maalaji; tämän kautta tulisi maan tekstuurin ohella myöskin sen struktuuri jossakin määrin karakterisoitua, sillä postglasiaaliset maalajit ovat yleensä struktuurilleen paljon huokoisempia kuin glasiaaliset. Kun tämän vuoksi maaperätutkimus aivan toisenluontoisen tutkimushaaran vuoksi huomattavasti vaikeutuisi ja kun maalajien synnyn määräämisessä käytännössä useasti on vaikeuksia, ei tällainen tunnu tarkoituksenmukaiselta.

Luonnollisimpana kulttuuriteknilliseltä kannalta voitaneen pitää mekaaniseen kokoomukseen perustuvan maalajiluokittelun täydentämistä maan fysikaalisten ominaisuuksien avulla. Käytännön kannalta on tietenkin tärkeätä päästä niin vähälukuisiin määräyksiin tässä suhteessa kuin suinkin ja tietenkin mieluimmin yhteen.

Huokoistilavuuden määrääminen esim. on tarpeeton, sillä volyymipainon avulla saadaan sama ominaisuus jo riittävästi esille ja täten tulee maan ominaispainon määrääminen tarpeettomaksi. Vertaamalla maksimi vesikapasiteetteja havaitaan sen suuruuksissa olevan selvää eroa eri maalajeissa niissä tapauksissa, missä mekaaninen maaanalyysi antaa samantapaiset tulokset; täten näytteen 9:n maksimi vesikapasiteetti on vain n. 50 vol.-% ja 30 paino-%, mutta näytteiden 25—26 73 vol.-% ja 52 paino-%, samaten on näytteiden 10—14 maksimi vesikapasiteetti vain n. 42 ja 22 %, mutta näytteiden 22—24 n. 66 ja 46 %. On ymmärrettävää, että maan maksimi vesikapasiteetti vaihtelee huokoisuuden mukaan, kuten näissäkin tapauksissa on asian laita. Samasta syystä, kuin huokoistilavuuden määrääminen on tarpeetonta, on siis myöskin maksimi vesikapasiteetin määräys.

Hygroskooppista kosteutta käytetään varsin suuressa määrin mekaanisen kokoomuksen ohella maalajien ominaisuuksien määräyksenä. Tämän perusteella voidaankin jo huomata maalajieroavaisuus näytteitä 7—8 ja 9 vastaavia maalajeja näytteitä 25 ja 26 vastaavaan maalajiin verrattaessa samaten kuin 10—14 ja 22—24 vastaavien maalajien kesken; 7—9:ssä hygroskooppisuus on n. 3.7 %, 25—26:ssa n. 10.0 % sekä 10—14:ssä n. 3—8 % ja 22—24:ssä n. 13.5 %. Sama tyypillinen eroavaisuus on havaittavissa ilmakuivassa kosteudessa ollen se maissa 7—8 1.25—2.1 paino-%, 9:ssä 1.75—2.83 paino-%, mutta 25—26:ssa 2.80—3.74 % sekä edelleen 10—14:ssa 1.23—3.0 %, mutta 22—24:ssä 3.78—6.14 %. Sen sijaan maalajin 7—8 erottamista maalajista 10—14, joiden mekaaninen kokoomus saattaa olla varsin samanlainen (vrt. myös Aarnio: Etelä-Pohjanmaa; 47; 1927; sivuilla 38 ja 39 olevia savia), ei voida tehdä hygroskooppisuuden eikä ilmakuivan kosteuden perusteella.

Tämän vuoksi ei hygroskooppisuutta tai ilmakuivaa kosteuttakaan voida pitää luokittelussa kaikin puolin tyydyttävänä, mekaanista kokoomusta täydentävänä tekijänä.

Frosteruksen ja Aarnion maalajeihimme nähden suorittamista maankonsistenssitutkimuksista nähdään, että myöskin nämä ominaisuudet vaihtelevat varsin epämääräisesti ja useihin eri maalajeihin nähden aivan pienin eroavaisuuksin, joten nekään eivät voi tulla kysymykseen.

Kuivumiskutistumisen avulla ei myöskään voida eroavaisuuksia tarpeellisissa tapauksissa eri maalajien välillä saada esiin, vaikkakin se useassa tapauksessa on eri maalajeille varsin karakteristinen.

Samaten on asianlaita maan tehopintaan nähden, joka sitä paitsi on vaikeasti määrättävissä sekä tutkimisperusteiltaan epävarmalla pohjalla.

Mekaanisen kokoomuksen ohella näyttää maan volyymipaino olevan se, jonka avulla käytännöllisimmin voidaan erottaa maalajeja toisistaan ja jota tämän vuoksi voidaan käyttää luokittelussa apuominaisuutena. Myöskin verraten valaiseva tässä mielessä on maan ilmakuiva kosteus. Tutkimuksen näytteistä vain 7 ja 8 vastaavaa maalajia ei voida vielä volyymipainonkaan perusteella erottaa n:o 9:n maalajista; vain osanäytteisiin 9_V—9_{VI} nähden, jotka itse asiassa kuuluvat maalajeihin n:o 10—14, on ero tämän perusteella selvä. Maalajin n:o 9 suurempi kuivuvaikeus varsinkin syvemmissä kerroksissa johtuu varmaankin kemiallisten muutosten aiheuttamasta iskostumisesta.

Ajatus hygroskooppisen tai ilmakuivan kosteuden määräyksen avulla korvata mekaaninen maa-analyysi ei veisi oikeisiin tuloksiin. Sen avulla esim. niin etäällä toisistaan olevia maalajeja, kuin hiekka-, hieta- ja hiesumaat ovat, olisi vaikea erottaa. Se käy jo selville vertaamalla näytteiden 1—10 hygroskooppisuuksia toisiinsa. Niin myös Aarnio (14; 1927; 37—39) on saanut hygroskooppisuusarvoja, jotka vaihtelevat hiekoissa 0.10—3.27, hiedoissa 0.73—4.30 ja kertavissa savissa 1.79—6.59. Saipa Bonacker (72; 1928; 17) hygroskooppisuustutkimuksissaan eri fraktioihin nähden niiden pienetessä pieneneviä hygroskooppisuusarvoja, siis päinvastoin kuin pitäisi; niinpä hän eräässä maassa sai fraktion 2.0—0.2 hygroskooppisuuden 5.7 ja fraktion 0.2—0.1 myös 5.7, mutta fraktion 0.1—0.05 vain 2.4 ja 0.05—0.02 vain 2.5. Eräässä toisessa tapauksessa olivat nämä arvot 5.0, 6.2, 4.9 ja 6.6. Lisäksi vertaamalla esim. maanäytteiden 15 ja 25 hygroskooppisuuksia toisiinsa sekä näytteiden 17 ja 23—24 käy esiin, että hygroskooppisuuden avulla ei voida mekaanista maa-analyysiä tehdä tarpeettomaksi.

Maan mekaaniseen kokoomukseen perustuvaa luokittelua on tämän vuoksi yhä edelleen pidettävä sinä runkona, johonka maalajien erittely pääasiassa nojautuu, ja jonka täydennyksenä volyymipainon tunteminen on paras.

Atterbergin ehdottama ja kansainvälisesti käytettäväksi ehdotettu hiukkassuuruusjaottelu on mek. maa-analyyseissä seuraavanlainen (9; 1927; 15—16):

Raesuuruusaste:			Nimi:	
> 20	cm	.....	louhe	(järkäle, block)
20—2	»	.....	kivi	(sten, Stein)
2—0.2	»	.....	sora	(grus, Kies)
2—0.2	mm	.....	hiekka	(sand, Grobsand)
0.2—0.02	»	.....	hieta	(mo, Sand)
0.02—0.002	»	.....	hiesu	(mjäla, Schluff)
< 0.002	»	.....	savi	(lera, Ton)

Tähän jaotteluun ovat useat ehdottaneet alajaotteluja, jotka poikkeavat toisistaan huomattavasti (Atterberg, Frosterus, Bjoerlykke, jne). Ekström (9; 1927; 15, 16) sanoo: »Jaottelu alaluokkiin on ainakin erinäisissä tapauksissa yhtä oikeutettu ja tarpeellinen kuin erittely pääluokkiin», ja käyttää mekaanisissa maa-analyyseissään seuraavaa jaottelua:

Kivi	Suuri kivi	20—6	cm
	Pieni »	6—2	»
Sora	Karkea sora	20—6	mm
	Hieno »	6—2	»
Hiekka	Karkea hiekka	2—0.6	»
	Hieno »	0.6—0.2	»
Hieta	Karkea hieta	0.2—0.06	»
	Hieno »	0.06—0.02	»
Hiesu	Karkea hiesu	0.02—0.006	»
	Hieno »	0.006—0.002	»
Savi	Mikrosavi	0.002—0.0002	»
	Ultrasavi eli kolloidisavi	< 0.0002	»

Kieltämättä mitä hienompaa jaottelua käytetään sitä täydellisempi käsitys maan mekaanisesta kokoomuksesta saadaan. Voidaanko kuitenkaan esim. hiesufraktion jakamisen avulla ryhmiin 0.02—0.006 ja 0.006—0.002 edes, kuten kuitenkin tuntuisi luonnolliselta, likimääräisesti arvioida, millä puolen maksimiosuus saviryhmässä on eli onko maalajissa suurempi vai pienempi määrä karkeampia savihiukkasia, niinkuin Ekström esittää (9; 1927; 16), on varsin epäiltävää. Tarkastamalla hänen saamiaan analyysituloksia ja maalajiluokittelua jää käsitys tässä suhteessa varsin epämääräiseksi.

En puolestani ole pitänyt tarpeellisena suorittamissani tutkimuksissa enää jaotella hiukkassuuruuksien pääryhmiä, kun nämä jo toivat esille selvät erot tutkimukseen ottamieni, viljelyksessämme käytettyjen maalajien päätyyppeihin nähden, mikäli se on riippuvainen maan kivennäishiukkasten koosta. Mikäli täten suoritettu mekaaninen maa-analyysi ei ole riittävästi karakterisoinut jotakin maalajia, ei se ole johtunut jaottelun puutteellisuudesta, vaan lähinnä maalajien struktuurista ja maan humuspitoisuudesta.

Kun eri maalajeille karakteristiset ominaisuudet useasti eivät muutu maalajissa prosenttimäärältään suurimpana esiintyvän hiukkassuuruuden edellyttämällä tavalla, ei maalajinimityksen valinta tällöin aina ole ilman muuta selvää. Niinpä kykenee jo suhteellisesti pienikin prosenttissuus savi- ja elimellisiä aineksia antamaan maalajille omia ominaisuuksiaan.

Saviaineksien ominaisuus kuivuessaan kutistua ja kovettua on sekä kuivatuksen, vesityksen että myöskin työtekniliseltä kannalta tärkeä ilmiö.

Tämän vuoksi on kulttuuriteknillisessä mielessä tarkoituksenmukaista saveksi laskea vain ne kivennäis-maalajit, jotka jo maassa luontaisessa olotilassaan kuivuessaan saattavat huomattavasti kovettua tai kutistua taikka tehdä molemmat, jolloin siis maalajissa saven ominaisuudet ovat maan luonnetta pääasiassa määräämässä.

Tämän rajoituksen johdosta joutuu joukko kevyiksi saviksi (lättleror, Leichter Ton) sanottuja maita pois savimaista hiesumaihin ja savisehtaviin hietahiesuihin. Täten m. m. suuri joukko Etelä-Pohjanmaan maita, joita nimitetään savimaiksi ja keveiksi savimaiksi, siirtyy hiesumaihin, koska ne kuivuessaan eivät sanottavasti kutistu eivätkä myöskään kovetu. Savimaille ominaisena pidetään plastillisuutta. Kun Ekström (9; 1927; 52) sanoo: »Keveiden savien kolloidisen savenpitoisuus on kuitenkin suhteellisesti vähäinen eikä riittävä, jotta varsinaisessa mielessä olisivat plastillisia, t. s. savitaikinaa ei voida kierittää nauhaksi, joka on pienempi kuin 2 mm», tukee hän tavallaan plastillisuudenkin kannalta tätä savikäsitteen supistamista. Myöskin Aarnion (14; 1927; 39) mukaan joutuu joukko kevyitä savia hiesumaihin, kun hän sanoo: »Savien pääasiallisena ainesosana ovat rakeet, joiden läpimitta on 0.02—0.002 mm sekä yli 20 % sitä hienompia hiukkasia.»

Sitä paitsi tällaisen saven käytännöllisiä ominaisuuksia silmälläpitävän jaoittelun avulla vältämme myöskin kulttuuriteknillisesti niin kovin kaukana toisistaan olevien maiden, kuin nämä hiesumaat ja kertavat hiesusavimaat ovat, joutumasta samaan luokkaan, kuten esim. Ekström (9; 1927; 52, 53) luokittelussaan on tehnyt. Kun hän edelleen sanoo: »Termin savi käyttäminen kollektiivinimityksenä niin hyvin plastillisista kuin kevyistä savista on käytännöllisistä syistä puollettavissa, kun maanviljelijät ja muut aina lukevat kevyet savetkin savimaiksi» (9; 1927; 37), pitää se meillä paikkansa vain määrätyillä paikkakunnilla, mutta ei aina.

Maatutkimuksissa käytetyt termit kevyt (lätt, leicht) ja jäykkä (styv, stief) ovat monasti kulttuuriteknillisesti harhaanjohtavia. Että näin on asianlaita selviää m. m. Ekströmin (9; 1927; 36) lausunnostakin: »Mitä tulee käyttämiini termeihin kevyt ja jäykkä nimityksien kevyt savi, jäykkä savi jne yhteydessä, on niistä nimenomaan huomautettava, että nämä nimitykset (eivät ensinkään) tarkoita maan suurempaa tai pienempää helppo- tai raskasmuokattavaisuutta. Ne tarkoittavat ainoastaan tuoda esiin eri savimaiden hienousasteen, erikoisesti niiden kolloidisen savihiukkaspitoisuuden».

Kevyt-nimityksen käyttäminen kertavista savista, jotka kuivina saattavat olla kuivuvaikeudeltaan iskumaita, ei tunnu kulttuuriteknillisesti tarkoituksenmukaiselta, samaten kuin ei nimitys jäykkäkään, kun k. o. maa saattaa olla mitä helpointa pistomaata ja vieläpä maanviljelyksellisen muokkauksenkin kannalta verraten helppoa. Tämän vuoksi käytän kertavissa savissa sen fraktion nimitystä lisänä, mikä on omiansa lähinnä luonnehtimaan maata ja saviainesrikkaista maista tiiliteollisuudessa käytettyä nimitystä lihava (fet), joka nimitys suoraan viittaa saviainesten runsauteen.

Siirryttäessä kivennäismaista humusmaihin on vaikeata määrätä, milloin savi-nimitys on muutettava lieju-nimitykseksi, sillä kivennäis- ja orgaaniset kolloidit omaavat samansuuntaisesti muuttuvia ominaisuuksia kuivumiskutistumiseen ja kovettumiseen nähden. Jo pienikin orgaanisten kolloidien määrä tuntuu kuitenkin voivan edistää varsin suuressa määrin kuivumiskutistumista samaten kuin vähentää kuivumiskovettumista. Ekström (9; 1927; 65) käyttää provisoorisesti lieju-nimitystä savipitoisista maista humuspitoisuuden ollessa yli 6 paino-%, rajan humusmaiden ja kivennäismaiden välillä ollessa muuten 15:ssä prosentissa. Kokonaisuudessaan hän (9; 1927; 32) esittää kivennäis- ja humusmaiden välisen luokittelun Atterbergin (73; 1912; 14, 15) tapaan seuraavaksi:

	Humus paino-%
humuspitoiset kivennäismaat	<15
kivennäispitoiset humusmaat	15—40
humusmaat	>40

Humuspitoiset kivennäismaat ovat pääasiassa ruokamultamaita ja esittää Ekström (9; 1927; 32) Atterbergin tavoin niihin nähden seuraavaa luokittelua:

	Humus paino-%
vähämultainen ruokamulta	3
multava »	3—6
multarikas »	6—15

Katson näitä Atterbergin ehdottamia ja Ekströmin hyväksymiä jaoitteluja myös kulttuuriteknillisiä tarkoituksia varten sopiviksi; vain Ekströmin esittämää vähintäin 6 %:n humuspitoisuutta lieju-nimityksen edellytyksenä pidän liian korkeana, sillä on tyypillisiä liejuja, joissa humuspitoisuus ei nouse kuin 4 paino-%:iin, kuten m. m. näytteissä 25_{III-IV} ja 26_{III-IV}. Vaikka mahdollisesti maanviljelykselliseltä kannalta voidaan jossakin määrin ymmärtää ruokamultakerroksen käsittelyä erikoisena maalajina ja sen luokittelua omana

ryhmänä, kuten Ekström on tehnyt (9; 1927; 148—153), on sitä kuitenkin kulttuuriteknillisessä mielessä pidettävä tarpeettomana. Maan ominaisuuksien tutkimuksissa on näitä tarkoituksia varten riittävää tietää ruokamullasta sen humuspitoisuus ja vahvuus; vain siinä tapauksessa, että ruokamulta on muodostunut jostakin muusta maalajista kuin perusmaasta, on luonnollista, että se maaperätutkimuksessa on tuotava erittäin esiin.

Eräs maan ominaisuus, joka maalajiluokittelussa on saanut verraten vähän huomiota osakseen, mutta joka varsinkin kulttuuriteknilliseltä kannalta olisi varsin tärkeä, on maan lujuus. Tämän tunteminen olisi tärkeätä erikoisesti maiden kaivuvaikeuden ja perustusten kestävyyden laskemisen kannalta. Tätä tarkoittavia tutkimuksia on kyllä suoritettu lukuisia, kuten m. m. Valtion rautateiden geoteknillisen toimiston suorittamat hienouslukumääräykset, jäykkyysaste- ja suoranaiset lujuustutkimukset. Kun näissä kuitenkin on käytetty maita, joidenka luontainen rakenne on rikottu, on niiden merkitys pääasiassa teoreettista laatua.

Hallakorpi (74; 1917; 136, 137) on käyttänyt tällaista maan lujuuteen nojautuvaa luokittelua kaivusaavutustulosten laskelmien yhteydessä, joissa hän jakoi maat:

Luontimaihin
Pistomaihin
Iskumaihin
(Kivikkomaihin)
(Louhikkomaihin)
(Kallioihin).

Kun kaivuvaikeuden tunteminen ei ole vain työteknilliseltä kannalta tärkeä, vaan kun se olisi samalla omiansa selventämään useiden maan ominaisuuksien käytännöllistä merkitystä, pitäisi kulttuuriteknillisiä tarkoituksia palvelevassa maaperätutkimuksessa myöskin tämä puoli joutua käsittelyn alaiseksi ja olisi nämä tutkimukset tällöin suoritettava luontaisessa maassa.

Maalajiselostuksissani myöhemmin käytän seuraavaa hieman pitemmälle jaoiteltua luokittelua tässä suhteessa:

Luontimaa		(lm)
Pistomaa:	varsin helppo	(v. hp. pm.)
	helppo	(hp. pm.)
	helpohko	(hphk. pm.)
	vaikeahko	(vkhk. pm.)
	vaikea	(vk. pm.)
	varsin vaikea	(v. vk. pm.)

Iskumaa:	helppo	(hp. im.)
	vaikea	(vk. im.)
	varsin vaikea	(v. vk. im.)

Luontimaa on rakenteeltaan siksi löyhää, ettei sitä kaivettaessa erikoinen polkaisu ole tarpeen. Pistomaissa pysyy maa kaivettaessa pistopalasina. Varsin helpoissa pistomaissa painuu terävä lapio (172 B) maahan siihen ruumiin painolla kevyesti nojattaessa, helpossa pistomaassa on jo kevyt polkaisu tarpeen ja helpohkossa pistomaassa voimakas polkaisu. Vaikeahkossa pistomaassa ei enää yksi polkaisu ole riittävä painamaan lapiota täyteen syvyyteen, vaikeassa tarvitaan 3 polkaisua ja varsin vaikeassa 4—5 polkaisua.

Helpossa iskumaassa saattaa vielä tavallinen kaivutapa tulla kysymykseen, mutta erikoisten iskuaseiden, kuten hakun tai rautakangen käyttö on jo yhtä edullista; vaikeassa iskumaassa on jo pakko käyttää iskuaseita, mutta vasta varsin vaikeassa iskumaassa maan lujuus tuottaa vaikeuksia näidenkin aseiden käytössä.

Vastaisissa kaivuvaikeustutkimuksissa on syytä saada tutkimusmetodi tässäkin suhteessa täsmälliselle pohjalle.

Ekström on esittänyt somerikkomaiden erikseen luokittelua lajittuneiden maalajien rinnalla. Kulttuuriteknilliseltä kannalta tätä olisi pidettävä hyvänä näiden maiden erilaisen teknillisen luonteen vuoksi. Samasta syystä olisi myöskin postglasiaaliset maalajit hyvä luokitella erikseen.

Kun kuitenkin täten syntyisi kolme rinnakkaisluokittelua, joissa nimitykset olisivat samat, on näiden yhdistämistä pidettävä suotavana. Tästä yhdistämisestä johtuu kuitenkin, ettei maalajien luokittelussa voida täysin välttää maan struktuuriin viittaavan nimityksen käyttämistä.

Meikäläisissä oloissa kulttuuriteknillisiin tarkoituksiin soveltuvana esitän maalajien luokittelun seuraavanlaiseksi (vertaa myös Keso 75; 1923; 104—111 ja Ekström 9; 1927; 75 sekä Aarnio 76; 1928; 64, 65 ja Warén 32; 1925; 20—22), jossa ojaetäisyyskokeisiin valittujen maalajien nimet on painettu harvennettuina.

A. Kivennäismaat.

1. Louhikko (blockjord).
2. Kivikko (stenjord).
3. a. Soramaa (grus; soramaa).
   b. Somerikkosoramaa.
4. a. Hiekkamaa (sandjord; karkea hiekkamaa, tavallinen eli keskikarkea hiekkamaa).

b. Somerikkohiekkamaa.
5. a. Hietamaa (grovmo, finmo; hieno hiekkamaa, tavallinen hietamaa).
b. Somerikkohietamaa (moränmo).
6. a. Hiesumaa (mjälajord; hieno hieta eli hiesu).
b. Savihiesumaa (lättlera; kevyt savi).
7. Savimaat.
a. Somerikkosavimaa (moränlättlera, moränmellanlera).
b. Tiivis hiesusavimaa (lättlera, mellanlera; hietasavi; kova savi).
c. Lihava savimaa (styvlera, mycket styv lera; jäykkä savi; halkeileva savi).
d. Löyhä hiesusavimaa (lättlera, mellanlera; kepeä hiekanpitoinen savi).
e. Urpasavimaa (gyttjelera; urpasavi, ryynisavi; murusavi).

B. Liejumaat:

1. Saviliejumaa (lergyttja).
2. Liejumaa (gyttja; lieju).
3. Muramaa (dyjord; järvimuta).

C. Turvemaat:

1. Mutasuo (kärrtorv): Ruokoturve, korteturve, varputurve, metsäturve, ruskosammalturve.
2. Rahkasuo (mosstorv): Sphagnum fuscum-rahkaturve, tupasvillarahkaturve, sararahkaturve, varpurahkaturve ja metsärahkaturve.

Luokittelussa edustavat liejumaat väliastetta kivennäismaiden ja turvemaiden välillä. Kivennäismaista on urpasavi varsin lähellä liejumaiden saviliejua sekä liejumaiden mura turvemaiden ruoko- ja korteturvetta.

Siirtyminen maalajista toiseen tapahtuu yleensä asteettain. Niinpä siirtyminen hiekkamaista hietamaihin tapahtuu vähitellen, samaten näistä hiesumaihin ja edelleen savimaihin. Samaten tapahtuu siirtyminen somerikkohiekkamaista somerikkohietamaihin jne. asteettain. Niinikään on tällaisia yhdistäviä maalajeja siirryttäessä savihiesumaasta löyhään hiesusavimaahan tästä edelleen urpasavimaahan sekä urpasavimaasta saviliejumaahan.

Sen sijaan ei voida puhua tällaisista väliasteista somerikkohiekka-, -hieta- ja -savimaiden välillä toisaalta ja lajittuneiden hiekka-, hieta-, hiesu- ja hiesusavimaiden välillä toisaalta.

Tällaisista välimaalajeista ei voida myöskään puhua hiesumaan eikä savihiesumaan välillä sen paremmin kuin lihavan saven ja löyhän hiesusavimaankaan välillä.

Esittämäni luokittelu poikkeaa EKSTRÖMin jaottelusta siinä, että luokittelussani olen antanut omat nimensä löyhästruktuurisille litorina maalajeille enkä ole niitä yhdistänyt mekaaniselta kokoomukselta vastaaviin glasiaalisiin maalajeihin. Täten esimerkiksi tiivis ja tavallisesti samalla myös selvästi kertava hiesusavimaa ei joudu yhteen löyhästruktuurisen hiesusavimaan kanssa, jotka EKSTRÖM vie yhdessä kevyiksi savimaiksi (9; 1927; 52). Myöskin on eroa siinä, kun EKSTRÖM vie muramaat vain humusmaihin, joissa humusainesta on > 40 %, niin on omissa tutkimuksissani tyypillisten muramaiden ($25_{I, II}$, $26_{I, II}$ ja 27_{I-III}) humuspitoisuus vaihdellut 15—50 painoprosentin välillä.

AARNIO (76; 1928; 64) erottaa luokittelussaan tiiviit hiesusavimaat löyhistä hiesusavimaista nimittäen edellisiä h i e t a s a v i k s i ja jälkimmäisiä k e p e i k s i h i e k a n p i t o i s i k s i s a v i k s i. Tutkimuksissani ei ole ensinkään tätä viimeksimainittua maalajia, mutta olen sen kuitenkin ottanut luokitteluuni AARNIOn (15; 1928; 5) tutkimuksien perusteella; luokittelussani edustaa se itse asiassa välimuotoa savihiesumaan ja urpasavimaan välillä olematta kuitenkaan hapan.

17. *Eri maalajien ominaisuudet.*

Lyhyenä yhteenvetona selostan luokittelussa mainittujen eri maalajien ominaisuuksia seuraavassa. Mitä erittäin tulee maan mekaaniseen kokoomukseen, olen selostuksessa käyttänyt omien analyysieni antamia tuloksia, mutta samalla kuitenkin sulkumerkkien sisällä perässä maininnut ne saviprosenttiosuudet, mitkä Valtion maatutkimuslaitoksen käyttämän menetelmän mukaan todennäköisesti olisi saatu. Maksimi vesikapasiteetti ja kutistuvaisuus on mainittu volyymi-%:na ja tehopinta cm^2/cm^3.

Louhikko: Louhikot käsittävät pääasiassa läpimitaltaan yli 20 cm olevista louheista (järkäleistä) muodostuneet maat. Näitä tavataan alhaalla vuorien reunoilla, paikoilla, missä rantatyrskyt ovat somerikkomaasta huuhtoneet hienoimmat ainekset pois, paikka paikoin jääkauden aikuisina kasautumina ja jäävirtakerrostumina samaten kuin koskipaikoissa puroissa, joissa ja virroissa.

Puro- ja jokiperkauksissa on louhikoissa suuremmat louheet ensin räjäyttämällä hajoitettava, mutta pienemmät voidaan käsin nostaa siirtolaitteisiin.

Kivikko: Kivikot käsittävät pääasiassa läpimitaltaan 20—2 cm välillä olevista kivistä muodostuneet maat. Nämä ovat syntyneet samantapaisesti kuin louhikotkin.

Vesiväyläin perkauksissa poistetaan suuremmat kivet nostamalla käsin siirtolaitteisiin; pienempiä kiviä runsaasti sisältävissä kivikoissa tulee lapion käyttö jo kysymykseen. Milloin kivikko sisältää hienompiakin aineksia on iskuaseiden käyttö tarpeellista, saattaen se olla edullista useasti jo puhtaissa kivikoissakin.

Soramaa: Soramaiden maa-aines on pääasiassa hiukkassuuruutta 20—2 mm. Synnyltään ne ovat jäätikkövirta, ranta- tai jokisoramaita taikka rapautumasoramaita. Hyvin kivipitoisina sorikot lähentelevät kivikkoa ja hiekkapitoisina hiekkamaita. Työteknilliseltä kannalta sorikot ovat vaikeita kaivumaita.

Somerikkosoramaa: Näissäkin maissa on soraraesuuruus vallitseva, mutta sen ohella on niissä muitakin ja pääasiassa hienompia hiukkassuuruuksia huomattavasti. Synnyltään tämä maalaji on pääasiassa glasiaalista pohjamoreenia.

Somerikkosoraa voidaan jo käyttää maanviljelykseenkin. Kaivuvaikeudeltaan se on usein iskumaata.

Hiekkamaa: Hiekkamaissa on vallitsevana 2.0—0.2 mm:n hiukkassuuruus, ja sitä paitsi savi puuttuu niistä miltei kokonaan. Synnyltään ne saattavat olla glasiaalisia jätikkövirtain synnyttämiä tai postglasiaalisia mannervirtojen ja rantatyrskyjen synnyttämiä tai myöskin lentohiekkoja.

Tutkimuksien näytteistä ovat vain osa näytteet 3_{II} ja 5_{II}, jotka vastaavat uuttumakerrostumaa, tyypillistä hiekkamaata. Maalajeina ovat näytteet 3_I –3_{IV}, 4_I 4_{IV} sekä 5_I 5_{III} laskettava hietaviin hiekkamaihin sekä ovat synnyltään postglasiaalisia rantatyrskyjen muodostamia.

Hiekkamaiden volyymipaino vaihtelee 1.4—1.7, huokoisuus 35—46, maksimi vesikapasiteetti 30—40, hygroskooppisuus 0.15—1.40 ja tehopinta 300—1 500. Hiekkamaiden kapillaarista vedennousukorkeutta pidetään varsin pienenä, kuten asia puhtaissa hiekkamaissa onkin. Kuitenkin vähänkin hietavammissa hiekkamaissa on kapillaarinen nousukorkeus jo suurempi ja esim. näytteessä 5_{II}, joka sisälsi hiekkafraktiota 92.45 %, nousi vesi kapillaarisesti 36 minuutissa 20 cm.

Hiekkamaita voidaan käyttää viljelysmaina ja ne soveltuvat parhaiten juurikasvi-, peruna- ja ruisviljelykseen. Ne kärsivät helposti kuivuudesta ja ovat yleensä ravintoköyhiä. Hieman savisehtavina on niiden viljelysarvo jo paljon parempi.

Kaivuvaikeudeltaan ovat hiekkamaat luontimaita ja varsin helppoja pistomaita. Milloin kaivussa on painuttava pohjavesikerrokseen, saattavat useat hiekkamaatkin jo olla juoksevia.

Somerikkohiekka: Näissä maissa on myöskin hiekkafraktio vallitsevana, mutta sen ohella on maassa joukko karkeampia ja hienompia hiukkasia. Synnyltään kuuluvat ne glasiaalisiin pohjamoreeneihin. Somerikkohiekkamaita voidaan käyttää viljelykseen ja ovat ne kivisyyden takia vaikeita kaivumaita ja saattavat esiintyä iskumaaluontoisinakin.

Hietamaa: Hietamaissa on vallitsevana hiukkassuuruutena 0.2—0.02 ja savea saattaa esiintyä vain nimeksi. Synnyltään ovat hietamaat samanlaisia kuin hiekkamaat.

Tutkimuksen näytteistä ovat 1, 2 sekä 6_{IV} ja 6_{V} tyypillistä hietamaata ja synnyltään glasiaalisia.

Hietamaiden volyymipaino vaihtelee 1.3—1.65, huokoisuus 36—46, maksimi vesikapasiteetti 35—44, hygroskooppisuus 0.30—1.50, tehopinta 600—2 400 ja kapillaarinen nousukorkeus on yli 1.2 metrin ja nousunopeus hyvä.

Hietamaat ovat hyviä juurikasvi- ja viljanviljelysmaita, vaikkakin yleensä ravintoköyhiä, kuten hiekkamaatkin.

Kaivuvaikeudeltaan hietamaat ovat osittain luontimaita, osittain varsin helppoja ja helppoja pistomaita. Kertavien hiesusavien syvemmissä kerroksissa saattaa maa muuttua kertavaksi hiesuhiedaksi, jollaiset ovat osanäytteet 6_{III-IV}; tällaiset maat ovat kaivuvaikeudeltaan useasti varsin vaikeita pistomaita.

Somerikkohieta: Tässäkin maalajissa on hietafraktio 0.2—0.02 vallitseva; sen ohella on maassa vaihtelevia määriä karkeampia ja hienompia hiukkasia. Synnyltään on somerikkohieta glasiaalisia pohjamoreenimaita.

Ominaisuuksiltaan tämä maalaji saattaa hietapitoisuudesta riippuen lähennellä puhtaita hietamaita. Kaivuvaikeudeltaan on se varsin vaihteleva, kuten somerikkohiekkakin, riippuen sen kivisyydestä ja iskostumista.

Hiesumaa: Tässä maalajissa on hiesufraktio 0.02—0.002 pääaineksena saviainesten määrän ollessa aivan vähäisen. Sen sijaan saattaa hietafraktion määrä nousta varsin korkeaksi. Synnyltään ovat nämä puhtaat hiesumaat pääasiassa glasiaalisia ja esiintyvät hietamaiden ja kertavien savien välillä harjujen lähettyvillä ja saattavat tällöin esiintyä kertavina.

Tutkimuksessani ei ole mukana yhtään tyypillistä hiesumaanäytettä; vain palsinäyte lihavasta savesta on puhdasta hiesumaata.

Lähinnä tätä maalajia ovat osanäytteet 6_{II} ja 6_{III} sekä postglasiaalisena muodostumana 9_{II}—9_{III}.

Ominaisuuksiltaan hiesumaa on varsin lähellä hienoja hietamaita, ollen niiden huokoisuus kuitenkin yleensä hieman korkeampi ja tehopinta 4 000—6 000. Kapillaarinen nousukorkeus on suuri ja nousunopeus verraten hyvä. Väriltään nämä maat ovat vaaleanharmaita tai miltei puhtaan valkeita.

Kaivuvaikeudeltaan hiesumaat ovat helpohkoja pistomaita; vain kertavina ne ovat vaikeita pistomaita.

Savihiesumaa: Näissä maissa on hiesufraktio 0.02—0.002 yhdessä savifraktion kanssa pääaines jääden savifraktion osuus $< 20\ \%$. Kansan keskuudessa sanotaan tätä maalajia hietaseuduilla saveksi, ja tämän vuoksi myöskin maaperätutkimuksissa kevyeksi saveksi. Kun se ei kuitenkaan suurienkaan poutien aikana halkeile kuin aivan nimeksi eikä kuivuessaan sanottavasti kovetu, en ole sitä liittänyt saviin. Synnyltään tämä maalaji on postglasiaalinen.

Tutkimuksissani vastaa tätä maalajia näytteet 7 ja 8. Niiden volyymipaino vaihtelee 1.0—1.35, huokoisuus 50—60, maksimi vesikapasiteetti 47—58, hygroskooppisuus 3—5, kutistuvaisuus 7—15, ja tehopinta 5 000—6 000 sekä kapillaarinen nousukorkeus on yli 1.2 m, mutta nousunopeus ei enää niin suuri kuin hietamaissa.

Tavallisesti ovat nämä savihiesumaat varsin happamia, mutta muuten verraten hyviä viljelysmaita. Happamana maana soveltuu se parhaiten perunan, kauran, rukiin ja turnipsin viljelykseen.

Kaivuvaikeudeltaan on tämä maalaji vielä kuivanakin helpohkoa pistomaata. Kaivettaessa hajoaa maa tavallisesti 20—80 cm:n syvyydellä pieniksi jyrkkäsärmäisiksi paloiksi, jotka ovat tumman punaruskeita pinnaltaan, siis rautasakkautuman ympäröimiä; syvemmällä muuttuvat palat suuremmiksi ja jo 1 metrin syvyydellä esiintyy vain ruosteisia hienoja halkionpintoja. Vielä syvemmälle tultaessa muuttuu maa näöltään yhä savimaisemmaksi ja tavallisesti n. 1.50—2.1 metrin syvyydellä maa on musteen väristä, joka johtuu rautasulfidista (14; 1927; 34). Koekuoppiin painuu pohjavesi hiljalleen tihkuen. Juoksevuuteen näillä mailla ei ole taipumuksia, vaan saattavat seinämät hyvin syvissäkin salaojissa rankkasateillakin pysyä verraten ehjinä. Väriltään ovat nämä maat vaaleanruskean harmaankellerviä.

Savimaat: Huolimatta siitä, onko savifraktio < 0.002 vallitsevana vai ei, olen saviin laskenut kaikki ne kivennäismaalajit, jotka huomattavasti kuivuessaan kutistuvat tai kovettuvat, joissa siis savimaiset ominaisuudet ovat vallitsevina. Savimaat olen jakanut somerikkosavimaihin, tiiviisiin hiesusavimaihin, lihaviin savimaihin, löyhiin hiesusavimaihin ja urpasavimaihin. Pysyvässä pohjavesi-

kerroksessa hiesusavimaat, lihavat savimaat ja urpasavimaat ovat saippuamaisia ja varsin vaikeasti makroskooppisesti toisistaan erotettavissa. Kuitenkin ovat hiesusavimaat saippuamaisinakin vaikeakaivuisempia (vaikeahkoa pistomaata) kuin lihava savimaa, ja tämä taasen vaikeampikaivuista kuin urpasavi. Näiden saippuasavien väri saattaa vaihdella ja olla ruskean ja punervan siniharmaa, siniharmaa, sinivihreä ja joskus mustansininen.

S o m e r i k k o s a v i m a a: Nämä maat ovat aina varsin hiesuvaltaisia ja sisältävät tavallisesti samalla kiviä, soraa ja hiekkaa sekä ovat synnyltään glasiaalisia pohjamoreenejä.

Laadultaan on tämä maalaji lähinnä hiesusavia, mutta vielä tiivisrakenteisempi (volyymipaino yli 1.8) ja mitä vaikeimmin muokattava maalaji, jonka vuoksi sen merkitys viljelysmaana on vähäinen.

Kaivuvaikeudeltaan somerikkosavi on märkänäkin iskumaata, kuivana varsin vaikeata iskumaata. Voimakkaasti pohjavetisillä paikoilla ja erittäinkin kirren vaikutuksesta saattaa tämäkin maa kuitenkin muuttua juoksevaksi, milloin se on runsaammin hiesu- ja savipitoinen.

T i i v i s h i e s u s a v i m a a: Näissä maissa vaihtelee savifraktio 15—40 (15—55 %) hiesufraktion yleensä ollessa vallitsevana. Iältään nämä savimaat kuuluvat glasiaalisiin maamuodostumiin, ovat tavallisesti kertavia, jonka vuoksi niitä yleensä sanotaan kertaviksi (kerrallisiksi, kerroillisiksi) savimaiksi; tämä kertavuus on tavallisesti mantumuutosten vaikutuksesta hävinnyt pintaosasta maalajia n. 30—70 cm:n syvyyteen, jonka jälkeen vasta selvä kertavuus tulee esille. Syvemmissä kerroksissa muuttuu tämä maalaji tavallisesti yhä hiesu- ja hietarikkaammaksi sekä lopuksi kertavaksi hietahiesuksi ja hiesuhiedaksi (osanäytteet 6_{II}—$_{III}$).

Tutkimuksissani vastaa tätä maalajia näytteet 10—14, sekä osanäytteet 3_V ja 3_{VI}, 4_V ja 4_{VI}, 6_I sekä 9_V ja 9_{VI}.

Näiden savimaiden volyymipaino on yleensä korkea vaihdellen 1.50—1.65, mutta saattaa savirikkaammissa lajeissa ja pohjavesikerrostumissa olla vain 1.3—1.45. Huokoisuus vaihtelee 39—55, maksimivesikapasiteetti 39—52, hygroskooppisuus 3—9, kutistuvaisuus 0.3—20.0 ja tehopinta 13 000—25 000. Kapillaarinen vedennousukorkeus on yli 1.20 m, mutta nousunopeus hieman hitaampi kuin hiesumaissa.

Viljelysmaana tiiviit hiesusavimaat ovat varsin raskaasti muokattavia. Kun niissä on vahva ruokamulta, ovat ne kuitenkin hyviä viljanviljelys- ja heinänviljelysmaita, mutta huonohkoja juurikasvimaita. Heikkoruokamultaisina näissä savimaissa syntyy sateen jälkeen helposti pinnalle kuorikovettuma, kuten hiesumaissakin.

Kaivuvaikeudeltaan ovat nämä savet märkinäkin vaikeita ja kuivina varsin vaikeita pistomaita, jopa miltei iskumaita. Lähteellisillä paikoilla saattaa tämä maalaji esiintyä juoksevana (liehusavi, juoksusavi) sekä kirrenkin vaikutuksesta voivat vasta kaivetut ojat juosta täysin tukkoon. Sateisina aikoina voivat myös salaojain seinämät helposti raueta alas.

Lihavista savimaista makroskooppisessa tutkimuksessa erottaa tämän savimaan yleensä vaaleamman harmaan ruosteläikkäisen värin ja syvemmällä esiintyvän selvän kertavuuden perusteella sekä siitä, että tämä maalaji on märkänäkin vaikeata pistomaata, pysyy sivulle heitettynä paremmin ehjinä pistopaloina sekä kuivana on miltei iskumaata.

Lihavat savimaat: Näissä savimaissa vaihtelee savifraktio 35—60 (50—92 %) ja hiesufraktio on lähinnä sitä, hieta- ja hiekkahiukkasten osuuden ollessa mitättömän vähäisen. Synnyltään nämä savimaat ovat glasiaalisia.

Tutkimuksissani vastaa tätä maalajia näytteet 16—21, näytteen 15 ollessa välimuotomaalaji hiesusavimaiden ja lihavien savimaiden välillä fysikaalisiin ominaisuuksiin nähden lähinnä liittyen lihaviin.

Volyymipaino näissä savissa vaihtelee 1.0—1.3, huokoisuus 50—65, maksimi vesikapasiteetti 46—63, hygroskooppisuus 13—19, kutistuvaisuus 15—32 ja tehopinta 28 000—48 000. Kapillaarinen vedennousu on varsin hidas.

Viljelysmaana tämä savi on varsin hyvää, mikäli kuivatus on riittävä. Märkänä muokkaaminen on vielä tässäkin savimaassa samaten kuin tiiviissä hiesusavimaassa varsin vahingollista.

Kaivuvaikeuteen nähden lihava savimaa on märkänä helppoa ja kuivana vaikeahkoa pistomaata; sillä ei ole taipumuksia juoksevuuteen, ja viemärien sivuluiskat saavat tämän vuoksi olla suhteellisesti jyrkät. Kuten kutistuvaisuusluvusta näkyy, on ymmärrettävää, että tämä maalaji pouta-aikoina repeytyy halkeamiin; saviainesrikkaammissa maissa nämä halkeamat saattavat olla yli 2.5 cm leveitä ja ulottua syvälle perusmaahankin. Myöskin kaivettujen salaojien seinämät repeytyvät ja milloin sade tämän jälkeen yllättää, saattavat seinämät halkiopintoja pitkin helposti luhistua alas.

Nämä savet erottaa tiiviistä hiesusavista yleensä tummemman värinsä perusteella ja siitä, että nämä savet ovat helpompikaivuisia ja että pistopalat sivulle heitettyinä hajoavat märkinäkin yleensä teräväsärmäisiksi muruiksi. Myöskin maan rakoilusta voidaan ne erottaa. Hiesusavet rakoilevat vain nimeksi ja pääasiassa vaan ruoka-

multakerroksessa, mutta lihavissa savissa halkeamat ulottuvat kuivina aikoina syvälle.

Löyhä hiesusavimaa: Tämä maalaji on mekaaniselta kokoomukseltaan varsin lähellä tiivistä hiesusavimaata. Hiekka- ja hietapitoisuus samaten kuin orgaanisten ainesten määräkin on siinä kuitenkin hieman korkeampi. Synnyltään löyhä hiesusavimaa on postglasiaalinen maalaji.

Tutkimuksessani tätä maalajia ei ole ensinkään. Ominaisuuksiltaan lähentelee se toisaalta savihiesumaata ja toisaalta urpasavimaita. Sen savipitoisuus (Aarnio) vaihtelee 25—50 %:iin, volyymipaino on pieni (1.0—1.2) ja huokoisuus suuri (55—60).

Kun tämä löyhä hiesusavimaa ei ole hapan, on se myöskin verraten hyvää viljelysmaata. Milloin ruokamulta on vähämultainen esiintyy tässäkin maalajissa sateitten jälkeen helposti kuorettumista.

Kaivuvaikeudeltaan se on märkänä helppoa ja kuivana vaikeahkoa pistomaata.

Urpasavimaa: Kivennäisaineiden hiukkassuuruuden puolesta ovat urpasavimaat varsin lähellä lihavampia hiesusavimaita, mutta poikkeavat silti fysikaalisilta ominaisuuksiltaan suuressa määrin tästä tiiviistä hiesusavimaasta. Tämä eroavaisuus johtuu jossakin määrin suuremmasta orgaanisten ainesten määrästä, mutta pääasiassa kuitenkin siitä, että urpasavimaa on postglasiaalinen, liejumainen maalaji. Maalajiluokittelussaan Ekström on tämän maan pannut omaan pääluokkaansa nimellä Gyttjeblandade mineraljordar (liejupitoinen kivennäismaa) (9; 1927; 75) ja nimittänyt tätä maalajia gyttjig lera (liejupitoinen savi).

Tutkimuksissani vastaavat näytteet 22—24 tätä maalajia. Volyymipaino on varsin pieni ja vaihtelee 0.55—0.9, orgaaniston ainesten määrä 3.5—6, huokoisuus 64—80, maksimi vesikapasiteetti 57—80, kutistuvaisuus 25—60 ja tehopinta 16 000—45 000. Kapillaarinen veden nousu on varsin hidas.

Urpasavimaa on varsin hapanta eikä senvuoksi ensiluokkaista viljelysmaata, vaikka sen usein varsin multavasta ulkonäöstä voisi niin arvella. Kuitenkin menestyvät kaura, ruis ja peruna hyvin näissä maissa. Muokkaus on helppoa.

Kaivuvaikeuteen nähden urpasavimaa on aina helppoa pistomaata; märkänä pyrkii maa pintakerroksissa tarttumaan lapioon kiinni. Jo maassa on tämän maalajin rakenne muruinen ja sivulle heitettynä hajoaakin se pintaosassa hienoiksi multamuruiksi ja vähän syvemmällä pieniksi ruostepintaisiksi muruiksi; mitä lähemmäksi pohjavesisyvyyttä tullaan, sitä suurempia ovat nämä murupalat. Lopuksi maassa esiintyy vain ruostepintaisia avonaisia halkeamia,

kunnes savi muuttuu homogeeniseksi saippuasavimassaksi. Maan tavattoman hajoisuuden vuoksi painuvat pohjavedet voimakkaasti virraten kaivettuun maakuoppaan. Näiden ominaisuuksien perusteella se onkin helposti erotettavissa tiiviistä hiesusavimaista ja lihavista savimaista jo makroskooppisestikin.

Sen sijaan on urpasavimaan erottaminen savihiesumaista vähemmän asiaan perehtyneelle vaikeata; erittäinkin kun näiden kahden maalajin välillä esiintyy vielä välimuotojakin. Parhaiten ne ovat erotettavissa toisistaan värin perusteella, sillä hiesumaat ovat väriltään vaalean punaruskean keltaisia ja urpasavimaat hieman vihertävän vaaleanruskean harmaita; sekä siitä että pohjavedet pääsevät savihiesumaissa painumaan kuoppaan tihkuen, mutta urpasavimaissa selvästi juosten. Sitä paitsi tekee savihiesumaa selvästi hietavan, mutta urpasavimaa yleensä savimaan vaikutuksen.

Liejumaat: Liejumaat sisältävät varsin vaihtelevia määriä kivennäis- ja orgaanisia aineita ja ovat postglasiaalisena aikana syntyneet näistä yleensä liettymällä ja sakkautumalla järvien ja merien lahtien pohjalle.

Frosterus (4; 1917; 34) katsoo liejumaille erikoiseksi runsaan kolloidisen piihappopitoisuuden.

Ominaista niille on kimmoinen, lajittain saippuamaisesta pehmeän hyytelömäiseen vaihteleva rakenne alkuperäisessä vetisessä olotilassaan. Kuivuessaan ne kutistuvat runsaasti ja halkeilevat erittäin suuriin ja syviin rakoihin. Volyymipaino on yleensä alhainen ja sitä alhaisempi, mitä enempi liejumaa sisältää orgaanisia aineksia.

S a v i l i e j u m a a: Tämä maalaji on humuspitoisista maista lähinnä mineraalimaita ja niistä urpasavimaita.

Tutkimuksessani vastaavat osanäytteet 25_{III}, 25_{IV}, sekä 26_{III} ja 26_{IV} parhaiten tätä maalajia. Volyymipaino vaihtelee 0.5—0.8, orgaanisten ainesten määrä 4—15, huokoisuus 70—80, maksimivesikapasiteetti 70—80, kutistuvaisuus 37—60 ja tehopinta 18 000—45 000. Kapillaarinen vedennousu on varsin hidas. Saviliejun väri on yleensä ruskeanvihreän harmaa. Kuivuessa väri muuttuu hieman sinertävän vaalean harmaaksi ja maa hajoo helposti muruihin, kuivuneiden maapalojen paino tuntuu kevyeltä.

Kaivuvaikeudeltaan ovat saviliejut varsin helppoja pistomaita.

Urpasavimaa ja saviliejumaa ovat toisilleen varsin läheisiä maita; mikäli saviliejussa on runsaammin orgaanisia aineksia, eroaa se huomattavammin urpasavimaasta.

Viljelysmaina saviliejumaat eivät yleensä ole edes urpasavimaiden arvoisia.

Varsinaiset liejumaat: Saviliejumaista tapahtuu siirtyminen näihin maalajeihin asteittain ilman jyrkkää rajaa orgaanisten ainesten tullessa yhä enemmän ominaisuuksia määrääväksi. Näiden selostus tapahtuu seuraavassa pääasiassa L. von Postin ja Erik Granlundin (78; 1926; 48—49) sekä Ekströmin (9; 1927; 66—67) ja Waréninin (32; 1925; 17, 18) mukaan.

Liejumaat voidaan jakaa hienodetritus- ja karkeadetritusliejuihin.

Hieno detritusliejuon tiivis, tavallisesti hieman kimmoinen ja vailla kasvirakennetta. Väri on vihreä, kellervänvihreä tai ruskean vihreä vaihtelevin vivahduksin. Lieju tummuu tavallisesti nopeasti ilmassa, mutta vaalenee jälleen kuivuessaan. Alkaliekstrakti on vihreä.

Karkea detritusliejuon eli rantalieju on tiivis, tavallisesti vähemmän kimmoinen, usein muruinen maalaji ilman selvää kasvirakennetta perusmassassa, mutta usein kuitenkin ruo'on ja kortteen juurien puhkaisema. Väri on ruskea, tavallisesti hieman vaihtelevalla voimakkuudella vihertävään vivahtava. Tummuu nopeasti ilmassa, mutta vaalenee tavallisesti hieman jälleen kuivuessaan. Alkaliekstrakti on vihreä tai verraten heikosti ruskehtava. Typpipitoisuus on yleensä korkea.

Muramaat: Nämä maalajit ovat syntyneet pääasiassa sakkautumalla kolloidisista humusaineksista. Täysin puhdasta muraa tavataan harvoin, sillä mura-aines on tavallisesti sekoittunut muta- ja lieju- sekä kivennäislieteainesten kanssa.

Tutkimuksissani vastaavat muraa osanäytteet 25_{I} ja 25_{II}, sekä 26_{I} ja 26_{II} ja 27_{I}—27_{III}. Volyymipaino vaihtelee 0.16—0.60, orgaanisten ainesten määrä 15—50, huokoisuus 65—90, maksimivesikapasiteetti 65—90, kutistuvaisuus 25—77. Kapillaarinen vedennousu saattaa kuivumisen kautta muruiseksi muuttuneessa, mutta samalla kohtalaisen tiiviinä säilyneessä muramaassa olla verrattain nopea sekä korkealle nouseva.

Väriltään muramaat ovat ruskeita ja mustanruskeita, rakenteeltaan vedenalaisina hyytelömäisiä, hieman kimmoisia ja kuivuneina muruisiksi muuttuvia, joiden perusmassalta puuttuu täysin kasvirakenne. Mura muuttuu nopeasti ilmassa mustaksi, mutta vaalenee hieman ilmakuivana. Alkaliekstrakti on vahvasti ruskean värinen ja typpipitoisuus on yleensä verraten korkea.

Kaivuvaikeudeltaan on muramaa aina varsin helppoa pistomaata.

Useasti jaetaan muramaat järvimura- ja suomuramaihin, joista edelliset ovat syntyneet järvien pohjalle ja jälkimmäiset liikkuvassa vedessä notkonnevetikköihin ja esiintyvät ne tavallisesti soiden pohjakerroksena.

Viljelysmaana ovat muramaat vaihtelevia arvoltaan, mutta useasti kuitenkin verraten hyviä, mikäli kuivatus on saatu riittäväksi.

Turvemaat: Turvemaat ovat autoktoonisia maalajeja, jotka ovat syntyneet kiintonaisista kasviyhdyskunnista. Turvemaiden ominaisuudet riippuvat pääasiassa siitä, minkälaisesta kasvistosta ne ovat syntyneet ja kuinka pitkälle humifikaatio niissä on edistynyt; kuitenkin saattavat kivennäis- ja liejuaineksetkin olla turvemaan laatua huomattavasti määräämässä, milloin suo on syntynyt tulvain alaiselle alueelle.

Turvemaalajieni käsittelyssä nojaudun pääasiassa omien tutkimuksieni ohella WARÉNin (32; 1925; 19—24) esityksiin.

Mutasuot käsittävät joukon eri suomaalajeja, joissa useimmat ovat putkilokasvien jätteistä (32; 1925; 19—24) syntyneitä, mutta joihin viljelyksellisen kelpoisuutensa perusteella on myöskin luettava osa sammalsoista (9; 1927; 71). Nämä suot ovat usein verrattain typpipitoisia ja joskus myöskin kalkkipitoisia (9; 1927; 70) sekä ovat sen vuoksi soista parhaita viljelysmaita. Suota muodostavan pääkasvin mukaan jaetaan mutasuot eri lajeihin.

Ruokoturve on syntynyt järviruo'on (Phragmites) juurihuovastosta ja litistyneistä korsista, on vähän lahonneena väriltään keltaista sekä useasti liejupitoista.

Korteturve on muodostunut järvikorteen (Equisetum) jätteistä ja tunnetaan mustista, kiiltävistä korsista ja juurakoista sekä jouhimaisista juurista.

Saraturve on syntynyt sarakasvien (*Gyperaceae*, varsinkin *Carex*-lajien) juurihuovastosta ja lehtitupista, jossa saattaa olla mukana vaihtelevassa määrässä ruoho- ja sammalkasvienkin jätteitä.

Saraturve on raakana vaaleata ja huopamaista, mutta hyvin mutautuneena tummaa ja mutamaista, josta sarakasvien hienot, vaaleat juurihaarat hyvin erottuvat.

Varputurpeessa esiintyvät varpukasvien jätteet sekoituksena saraturpeessa, mutta harvoin turpeen pääasiallisina muodostajina.

Metsäturve on syntynyt metsäkasvien, lehtipuiden ja havupuiden jätteistä ja kun näissä soissa humifikatio on tavallisesti korkea, on perusaine usein ruskean tai mustanruskean väristä, muramaiden hyytelömäistä rakennetta lähentelevä.

Ruskosammalturve on syntynyt etupäässä *Amblystegium*, *Paludella*, *Meesea* jne sammalkasveista, on väriltään vihervän ruskea tai kellervänruskea ja on viljelysmaana kohtalaisen hyvää.

Tutkimuksissani ovat näytteet 29 ja 30 sekä osanäyte 33_{IV} kortesaraturvemaita. Osanäytteistä ovat 29_{I} ja 29_{II} metsäsara-, 29_{V} metsäkortesara- sekä 30_{I} ja 33_{V} sara- ja 30_{V} sarakorteturvemaita.

Mutautumisaste eli huminositeetti vaihtelee H_{3-7}, juuririhmasto on R_1 ja puunjätteiden määrä V_{0-1}.

Metsäturvetta on näyte 28 ja osanäyte 33_{V}, joissa huminositeetti on H_{6-7}, juuririhmasto R_{1-2}, puujätteiden määrä V_{1-2} sekä saraa runsaasti.

Näissä mutamaissa vaihtelee hehkutuskevennys 80—95, volyymipaino 0.1—0.2, maksimi vesikapasiteetti 80—91, kutistuvaisuus 50—78, ja kapillaarisuus on yleensä varsin hidas, mutta saattaa kivennäispitoisemmissa mutautuneissa lajeissa olla varsin nopea ja korkealle nousevakin. Kaivuvaikeudeltaan ovat mutamaat yleensä helppoja pistomaita, paitsi metsäturvesuot, joissa liekoisuus saattaa aiheuttaa vaikeuksia.

Rahkasuot käsittävät maalajeja, joissa pääaineksen muodostavat rahkasammalkasvit. Nämä suot ovat sekä typpi- että kalkkiköyhiä ja yleensäkin varsin ravintoaineköyhiä, jonka vuoksi niillä viljelysmaana on vain vähäinen merkitys.

Sphagnum-lajien ohella rahkasuot saattavat sisältää vaihtelevia määriä *Eriophorum*, *Carex*, varpu- tai metsäkasvullisuutta ja saada siitä erikoisluonteensa ja nimensä.

Tutkimuksissani ovat näytteet 32, 33 ja 34 rahkasoita. Näyte 32 on jotenkin puhdas rahkasuo, niin että vain osanäytteessä 32_{IV} on huomattavammassa määrässä *Eriophorum*ia; huminositeetti vaihtelee H_{2-6}, tupasvillaisuus F_{0-2}, juuririhmasto R_{0-4} ja puujätteiden määrä V_{0-1}; hehkutuskevennys vaihtelee 71—99, volyymipaino 0.08—0.17, maksimi vesikapasiteetti 70—90, kutistuvaisuus, 60—72 ja kapillaarinen vedennousu on erittäin hidas.

18. *Maalajien määrääminen makroskooppisesti.*

Maalajin määrääminen laboratoriotutkimuksien avulla tapahtuu tarkoituksenmukaisemmin mekaanisen maa-analyysin ja luontaisen maan volyymipainomääräyksen avulla, kuten edellä jo on tuotu esiin.

Jos käytännöllisessä toiminnassa täytyisi täten joka kerta, milloin on tarpeen tietää, mikä maalaji on kysymyksessä, turvautua laboratoriotutkimukseen, jouduttaisiin käytännön kannalta ylettömiin vaikeuksiin. Tämän vuoksi onkin ei vain toivottavaa, vaan suorastaan välttämätöntä, päästä käytännössä johonkin yksinkertaisempaan menetelmään kulloinkin kysymyksessä olevan maalajin määräämiseksi. Lähinnä on ajateltavissa tällainen tapahtuvaksi etu-

päässä makroskooppisten havaintojen perusteella itse kentällä maaperätarkastusten yhteydessä.

Havaintojen teossa on kiinnitettävä huomio hiukkassuuruuteen, maan väriin, kaivuvaikeuteen ja rakenteeseen, rakenteessa tapahtuviin muutoksiin sivulle heitetyssä maassa, kuivumiskutistumiseen jne.

Hiukkassuuruuden perusteella voidaan maalajit erottaa silmävaraisesti toisistaan aina hietamaihin asti. Hienoa hietaa, on jo vaikea erottaa hiesumaasta ja suurennuslasi saattaa tällöin olla hyvänä apuna lajin määräämisessä. Hiukkassuuruuden ohella on jo hietamaissa kiinnitettävä huomiota struktuuriin, t. s. onko maa löyhää vai kiinteätä, joka ilmenee, m. m. erilaisena kaivuvaikeutena ollen löyhärakenteinen miltei luontimaata ja kiinteärakenteinen helpohkoa pistomaata. Hiekka- ja hietamaissa on tärkeätä myös havaita, onko kysymyksessä kertava struktuuri, jolloin maa useasti on varsin kiinteätä, jopa kaivuluonteeltaan vaikeata pistomaata. Löyhärakenteisten volyymipaino jää alle 1.400 kg/dm^3 ja kertavissa iskostuneen luontoisissa saattaa se nousta aina 1.75 kg/dm^3. Kulttuuriteknilliseltä kannalta on sitä paitsi tärkeätä kiinnittää huomiota hiekka- ja hietamaissa rautapitoisuuteen sekä rauta- ja savipalsiutumiin. Jo suhteellisesti pienikin rautapitoisuus on omiansa antamaan hiekka- ja hietamaille selvän ruskean ja punaruskean värin. Sivulle heitettynä hajoaa hiekka- ja hietamaa irtohiukkasiseksi. Vain palsiutumat saattavat pysyä paloina.

Hiekka- ja hietamailla esiintyy maan laadussa tavallisesti vaihtelua jo pienilläkin alueilla varsin huomattavassa määrässä, joten asianlaita on tässä suhteessa toisin kuin hiesu-, savi-, liejumailla, jotka useasti ovat varsin homogeenisia laajoilla alueilla. Tämän vuoksi on hiekka- ja hietamailla kaivettava koekuoppia verraten taajaan.

Hiesumaiden erottaminen hienoista hietamaista ja toisaalta hiesusavimaista makroskooppisesti on jo vaikeampaa.

Hiesumaat ovat väriltään varsin vaaleita, ja tuntuvat jauhomaisilta erottuen hietamaista siinä, ettei näissä maata sormissa hierustettaessa tunneta hiukkaskarkeutta sekä etteivät nämä hajoa irtohiukkasiseksi sivulle heitettäessä kuten hietamaat, vain jäävät pieniksi paloiksi, jotka kyllä hajoavat jauhoksi niitä heikosti painettaessa.

Savimaista ne erottuvat siinä, ettei hiesu märkänäkään tunnu kuin nimeksi limaiselta, eikä kuivuessaan sanottavasti kovetu eikä kutistu. Kaivuvaikeudeltaan ovat hiesumaatkin helppoja pistomaita muuttuen kuivuessaan helpohkoiksi pistomaiksi. Selvästi nähtävää rakoilua ei esiinny.

Savihiesumaan erottaa erittäinkin siitä, että se hajoaa ruostepintaisiksi paloiksi, on väriltään vaaleanruskean kellervä ja pohjavesi, mikäli sitä maassa on, painuu kuoppaan hiljalleen tihkuen.

Eri savimaalajien erottaminen makroskooppisesti toisistaan vaatii melkoista maaperätuntemusta erikoisesti sen vuoksi, että ne ovat kosteustilastaan riippuen näöltään ja luonteeltaan niin kovin vaihtelevia laadultaan. Parhaiten nämä maat ovat erotettavissa toisistaan kuivina aikoina. Tällöin tiivis hiesusavimaa on kaivuvaikeudeltaan varsin vaikeata pistomaata, jopa miltei iskumaata, maa lohkeilee säännöttömiksi kappaleiksi tai kertopintoja pitkin ja rakoilu on varsin vähäistä. Leikkuupinta on yleensä samea, ollen vain lihavimmissa tiiviissä hiesusavimaissa kiiltoinen.

Lihavissa savimaissa kaivu on helpompaa kuivinakin aikoina ollen nämä kaivuvaikeudeltaan tällöin vaikeahkoa pistomaata; maa hajoaa kuivanakin teräväsärmäisiin paloihin, jotka tällöin ovat kuitenkin suurempia kuin märkinä aikoina. Sitä paitsi repeytyy lihava savimaa suuriin, syviin rakoihin. Leikkuupinta on varsin kiiltävä.

Löyhä hiesusavi on kuivanakin helpohkoa pistomaata erottuen siten tiivistä hiesusavesta, hajoaa sivulle heitettynä säännöttömiksi muruiksi, joiden pinnat eivät ole ruosteisia, on vaaleaa väriltään poiketen näissä suhteissa sekä lihavasta- ja urpasavimaasta. Sitä paitsi tekee tämä maalaji hietavan (poroisen) vaikutuksen huolimatta verraten korkeasta savipitoisuudestaan.

Urpasavimaan erottaa lihavasta savimaasta kuivina aikoina siitä, että se on tällöinkin helppoa pistomaata, on jo maassa tavallisesti aina 40 cm:n syvyyteen saakka selvästi muruista, hajoaa sivulle heitettynä kuivanakin hienoiksi muruiksi, syvemmällä olevassa maassa murupinnat ovat ruostepeitteisiä ja lähellä pohjavesisyvyyttä esiintyy avohalkeamia. Savihiesumaasta erottuu tämä maalaji hieman vihertävän tumman harmaan värinsä sekä näiden halkeamien perusteella, josta johtuu pohjavesien nopea pääsy kuoppaan, milloin sitä maassa on.

Märkinä aikoina savien erottaminen toisistaan makroskooppisesti on vaikeampaa, sillä äsken mainitut eroavaisuudet tulevat pienemmiksi ja rakoilu ei esiinny yhtä selvänä.

Märkinäkin ovat somerikkosavimaat edelleen iskumaita, tiiviit hiesusavimaat muuttuvat tällöin kaivuluonteeltaan varsin vaikeista pistomaista vaikeiksi ja helpohkoiksi pistomaiksi ja lihavat savimaat vaikeista helpoiksi ja varsin helpoiksi pistomaiksi.

Kaivettaessa sivulle heitetty maa säilyy märkänä tiiviissä hiesusavimaissa paremmin pistopaloina, ja lihava savimaa hajoo pienemmiksi teräväsärmäisiksi muruiksi kuin kuivana aikana.

Värieroavaisuutta on edelleenkin olemassa; siten hiesusavimaat ovat vaaleamman harmaita ja lihava savimaa tumman tai mustan harmaata. Löyhässä hiesusavimaassa ja urpasavimaassa ei tapahdu makroskooppisesti ottaen suuria muutoksia suuremman tai pienemmän märkyyden vallitessa. Selvimpänä eroavaisuutena märkinä aikoina on urpasavimaissa lihaviin savimaihin verrattuna se, että urpasavimaissa painuvat pohjavedet kaivettuun kuoppaan vapaasti juosten, kun sen sijaan vesi valuu lihavissa savimaissa kuoppaan vain hiljalleen tihkuen.

Milloin nämä eri savimaalajit ovat yhtämittaisesti olleet pohjavedessä ja siten säilyneet saippuamaisina, on niiden erottaminen toisistaan makroskooppisesti verraten vaikeata. Tällöinkin on hiesusavimaa kuitenkin kaivuluonteeltaan vaikeampaa kuin lihava savimaa ja urpasavimaa, joista urpasavi saattaa esiintyä miltei hyytelömäisen pehmeänä, johon seiväs painuu aivan vaivattomasti.

Saviliejumaan erottaa urpasavimaasta makroskooppisesti parhaiten värin perusteella, joka saviliejussa maan märkänä ollessa on tavallisesti vihreänruskea ja kuivana hyvin vaalean harmaa, jolloin maa painoltaan myös tuntuu kääpämäisen kevyeltä.

19. *Eri maalajien levenemisalueet ja viljelyslaajuus.*

Tämän tutkimuksen kannalta on tärkeätä käsitellä otsikossa mainittuja seikkoja lähinnä ojaetäisyyskokeisiin valittujen maiden suhteen, varsinkin mikäli on kysymyksessä niiden viljelyslaajuus.

Kuinka suurta aluetta mikin maalaji edustaa maanviljelyksessämme, on varsin vaikea sanoa, ja jää joka tapauksessa hyvin summittaisen arvion varaan. Nojautuen pääasiassa Suomen Salaojitusyhdistyksen toiminnassa tehtyihin havaintoihin eri maalajien levenemisalueista sekä vertaamalla näitä tietoja kirjallisuudessamme (79; 1920; 3, 12, 13. 81; 1925; 5—9 sekä Frosteruksen ja Aarnion sekä Sauramon asiaa valaisevat julkaisut) esitettyihin tietoihin ja laskelmiin k. o. suhteessa, olen kuitenkin koettanut päästä ylimalkaisiin arviolukuihin.

Suomen virallisen tilaston (79; 1920; 12, 13) käyttämä maalajiluokittelu on hyvin ylimalkainen. Kun tietoja ei ole koonnut mikään maaperäntuntija, on toisilla paikkakunnilla myöskin saatettu sama maalaji panna toiseen luokkaan kuin toisella paikkakunnalla; yhdistelmänä antanee mainittu tilasto kuitenkin verraten oikean kuvan siinä mainittujen maalajien keskinäisestä prosenttisuhteesta.

Mainitun tilaston mukaan on näitä maalajeja viljelyksessä lääneittäin seuraavissa %-suhteissa:

Lääni	Hieta- ja somerohietamaata (Hiekka- ja soramaata)	Savimaata	Mutasuota	Rahkasuota
1	2	3	4	5
Uusimaa	12.6	74.2	12.1	1.1
Turun ja Porin	24.2	57.2	17.1	1.5
Ahvenanmaa	42.8	48.7	7.3	1.4
Hämeen	22.2	60.1	16.8	0.9
Viipurin	37.6	44.9	16.8	0.7
Mikkelin	71.5	13.4	14.6	0.5
Kuopion	49.7	30.8	19.0	0.5
Vaasan	28.9	37.3	28.5	5.3
Oulun	42.4	28.5	27.6	1.6
Valtakunta	30.8	47.7	19.5	2.0

Näitä prosenttimääriä vastaa lääneittäin seuraavat peltopinta-alat hehtaareissa täysin sadoin (79; 1920; 3):

Lääni	Hieta-, somerohietamaata	Savimaata	Mutasuota	Rahkasuota	Yhteensä
Uusimaa	31 600	185 500	30 400	2 800	250 300
Turun ja Porin	104 100	246 000	73 600	6 500	430 200
Ahvenanmaan	4 800	5 500	800	200	11 300
Hämeen	58 400	157 700	44 200	2400	262 700
Viipurin	92 400	110 400	41 300	1 700	245 800
Mikkelin	76 100	14 300	15 500	500	106 400
Kuopion	71 200	44 100	27 200	700	143 200
Vaasan	125 600	162 100	123 800	23 000	434 500
Oulun	57 300	38 500	37 300	2 000	135 100
Valtakunta	621 500	964 100	394 100	39 800	2 019 500

Frosteruksen (80; 1921; 89) laskelmien mukaan on Uudenmaan läänin peltoalueesta savimaata n. 184 000 ha, joten nämä eri tavalla saadut varsin samanlaiset tulokset ovat omiansa tekemään tiedot varsin uskottaviksi, mitä tulee Uuteenmaahan. Todennäköistä on myöskin, että tilaston tiedot näiden päämaalajien levenemissuhteista Turun ja Porin, Ahvenanmaan ja Hämeen sekä Viipurin lääneistä osuvat jotenkin oikeaan. Sen sijaan on savialueitten pinta-ala ilmeisesti liian suuri tilaston mukaan Vaasan ja Oulun lääneissä. Tämä johtunee siitä, että saveksi on laskettu paitsi savihiesumaa myöskin hieman savisehtava tyypillinen hietahiesumaakin.

Tutkimukseen otetun hiekka-hietakokeen maalaji [3 ja 4 (1, 2, 5)] edustaa yleensä hiekka- ja hietamaita, lähinnä harjuseutukerrostumia ja tavataan tätä maalajia maassamme paitsi yleensä harjujen lähellä olevilla viljelyksillä laajempina alueina Karjalan kannaksella, Oripään—Ulvilan-seuduilla lähellä Poria, useissa kohdin varsinkin Keski-Pohjanmaalla sekä suuria alueita Oulujoen eteläpuolella. Kun ote-

taan huomioon, että hiekka-hietamaalajit eivät meillä yleensä esiinny laadultaan yhtä puhtaina tyyppeinä kuin hienohiukkasisemmat maalajit ja että niissä on tapahtunut erilaisia sekundäärisiä muutoksia, voidaan suurin piirtein ottaen katsoa kokeen edustavan n. 300 000 ha kulttuuriteknilliseltä kannalta katsottuna. Loppuosa tilaston 622 000 hehtaarista hieta- ja somerohietamaista jäisi lajittumattomien somerikko-hiekka ja -hietamaiden joukkoon.

Savihiesukokeen (7, 8) maalaji on tyypilleen jo määrätympi edustaen valtavinta etelä-pohjalaista kivennäismaalajia. Sen varsinaisena levenemisalueena ovat seudut: Sideby—Öfvermark—Kauhajoki—Ilmajoki—Seinäjoki—Nurmo—Lapua—Kauhava—Ylihärmä—Vöyri—Laihia. Sitä paitsi tavataan tätä samaa maalajia paitsi mainittujen seutujen lähipitäjissä Keski-Pohjanmaalla aina Oulujoen varsille saakka, vaikkakin vain pienempinä alueina, siellä täällä jokivarsilla. Myöskin lähellä Turkua, seuduilla Pöytyä—Lieto—Nousiainen—Mynämäki—Mietoinen esiintyvä löyhä hiesusavimaa (15; 1928; 87) on kulttuuriteknillisesti verraten lähellä tätä pääasiassa Etelä-Pohjanmaalla esiintyvää savihiesua. Näiden maalajien voidaan laskea edustavan viljelyksistämme ainakin n. 150 000 ha:n suuruista aluetta.

Tiivistä hiesusavea (10—14) esiintyy maassamme hajallaan siellä ja täällä. Hyvin yleisesti sitä tapaa harjujen liepeillä sekä karikkojen ja kallioiden läheisyydessä. Verraten laajoina yhtäjaksoisina alueina on tätä savea seuduilla Noormarkku—Kullaa—Köyliö—Kokemäki—Keikyä—Kiikoinen—Tyrvää—Lavia—Suoniemi sekä Kyrösjärven—Pyhäjärven—Näsijärven—Längelmäveden ympäristöpitäjissä, Vanajaveden koillispuolella olevilla alueilla ja edelleen seuduilla Hämeenlinna—Loppi—Riihimäki—Lahti sekä Vesijärvi ja Päijänteen vesien rantaseutu-savimaat aina ylös Saarijärvelle ja Laukaaseen. Edelleen tapaa tiivistä hiesusavea Nastolassa, Iitin pohjoisosissa ja Jaalassa sekä seuduilla Sippola—Miehikkälä—Säkkijärvi. Karjalan kannaksen savimaat, samaten kuin yleensä edellä lueteltujen seutujen pohjoispuolella olevilla alueilla varsinaiset savimaat, ovat myös tätä tiivistä hiesusavea, kuten Sortavalan pohjoispuolella, Nurmeksen, Iisalmen ja Haapajärven saviseuduilla sekä paikka paikoin Etelä-Pohjanmaalla m. m. Iso-Kyrön—Lapuan—Ilmajoen—Kurikan seuduilla. Vielä esiintyy tätä savea pieninä alueina korkeammilla alueilla pitkin merenrannikkoa, kuten seuduilla Perniö—Kisko—Suomusjärvi—Inkoo, Sipoo, Askola jne. Muutamilla seuduilla, kuten Hämeenkyrö—Nokia—Vesilahti, Janakkala, Hausjärvi, Suomenlahden rannikot, Jääski—Joutseno, Elisenvaara—Kurkijoki—Hiitola sekä Iisalmi—Kiuruvesi, saattaa tämä tiivis hiesusavimaa olla varsin savirikasta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan lähennellä lihavaa savimaata.

Tämän ja sitä lähellä olevien maalajien voidaan katsoa vastaavan n. 450 000 ha:n suuruista aluetta viljelyksistämme.

Lihavaa savimaata tavataan vain Lounais- ja Etelä-Suomessa. Turun ja Porin läänissä sitä on Loimaan, Auran, Paimion ja Uskelan jokien ympäristöpitäjissä. Hämeen läänissä sitä esiintyy seuduilla Kalvola—Akaa—Kylmäkoski—Urjala—Matku—Humppila—Ypäjä—Jokioinen—Tammela—Somero ja Somerniemi. Uudenmaan savikot ovat myös pääasiassa tätä savea. Viipurin läänissä on sitä Kymijoen ympäristössä. Arvion mukaan tämä maalaji edustaa viljelyksistämme n. 350 000 hehtaarin suuruista aluetta.

Urpasavimaata tavataan vain merenrannikkoseuduilla. Niinpä esiintyy sitä Viipurin seuduilla, Virolahdella, Vehkalahdella, Pyhtäällä, Pernajassa, Askolassa, Porvoon ja Helsingin pitäjissä, Espoossa, Degerbyssä, Snappertunassa, Perniössä ja Turun luona, Vehmaan—Mynämäen—Maskun—Raision seuduilla lähellä merenrannikkoja sekä edelleen pitkin Pohjanlahden rannikkoja todennäköisesti aina ylös Oulun lähettyville. Kuten edellä olevasta näkyy, ei tämä maalaji edusta varsin suuria alueita viljelysmaista. Summittaisten laskelmieni mukaan nousee niiden pinta-ala ainakin n. 40 000 hehtaariin.

Savilieju- ja muramaiden merkitys viljelysmaina on vähäinen. Pääasiassa joutuu niitä viljelykseen järvien laskemisen yhteydessä ja merenrannikoilla mantereen kohotessa tai lahtia pengerrettäessä.

Mutasoita on virallisen tilaston mukaan viljelyksessä 394 000 ja rahkasoita 39 800 hehtaaria.

B. Ojaetäisyyksien määräämisessä käytetyt menetelmät.

1. *Aikaisemmat esitykset ojaetäisyyden määräämisestä.*

Tarkoituksenmukaisimmaksi on katsottava sellaista ojaetäisyyttä, joka ojituksen kestävyysajassa antaa taloudellisesti edullisimman tuloksen. Kun tähän ojaetäisyyteen on vaikuttamassa kovin monta eri tekijää, joissa ojituksen kestävyysaikana saattaa vielä tapahtua suuria muutoksia, tuottaa ojaetäisyyden lähipitäinkin oikeaan osuva määrääminen melkoisia vaikeuksia.

Aikaisemmin pidettiin tarpeellisena suuremmissa hankkeissa järjestää koe sopivan etäisyyden määräämiseksi. Tämä tapahtui siten, että tehtiin kaksi, arvion mukaan sopivan etäisyyden päässä toisistaan olevaa koesalaojaa, joiden välillä sitten suoritettiin pohjavesimittauksia (82; 1884; 385).

Kuitenkin jo v. 1872 tanskalainen Colding (61; 1921; 29, 30) esitti suoranaisiin läpäisykokeisiin perustuvaa menettelyä ojaetäisyyden määräämiseksi ja laati sitä varten kaavan:

$$A = 1.8\ b\sqrt{\frac{q_0}{r}}, \text{ jossa}$$

A = ojaetäisyys m:ssä.
b = korkein sallittu pohjaveden korkeus yläpuolella salaojaa m:ssä.
q = maan vedenläpäisykyky ilmaistuna vesikorkeutena aikayksikköä kohti, esim. metreissä 24 tuntia kohti.
r = vesimäärä, jonka samassa aikayksikössä täytyy juosta salaojista, ilmaistuna vesikorkeutena aikayksikköä kohti.
q_0 määrätään kokeiden avulla maahan kaivetussa kuopassa (61; 1921; 25).

Vähän myöhemmin, nim. v. 1883, Saatz laati ojaetäisyyden määräystä varten asteikon, joka (83; 1901; 10) saavutti huomattavan kannatuksen ammattikunnan keskuudessa.

Hän esitti käytettäväksi:

1. Jäykimmissä savimaissa ..... 10—12 m
2. Savihiesumaissa ..... 12—16 »
3. Hietahiesumaissa ..... 16—20 »
4. Hiekkahietamaissa ..... 20, 24—30 »

PERELS myöskään ei pidä enää hänen aikanaan edellä mainittua koesalaojitusmenetelmää tarpeellisena saavutetun monipuolisen kokemuksen vuoksi oikean salaojaetäisyyden määräämisessä eri maalajeissa.

Hän (82; 1884; 385—387) mainitsee, että salaojaetäisyys riippuu ojasyvyydestä ja maan tiiveydestä (Bindigkeit). Syvyyteen nähden hän ei lähemmin mainitse, missä määrin suurempi syvyys vaikuttaa ojaetäisyyteen leventävästi, ja maan laatuun nähden hän yhtyy WÄGEN aikaisemmin esittämään liettyvien aineksien (abschlämmbare Theile < 0.05 mm) mukaan määrättyyn erittelyyn. Tämän mukaan tulee etäisyyden olla ojasyvyyden ollessa 1.25 m:

a) Lihavissa savimaissa (Tonboden), joissa liettyviä aineksia on yli 50% ..... 9.50—11.30 m.
Samoissa maissa korkeilla vuoristoseuduilla, jossa ilma usein on täynnä sumua ja haihdunta sen vuoksi vähäistä ..... 7.50—9.50 m.
b. Hiesusavimaissa (Lehmboden), joissa liettyviä aineksia on 20—30 % ..... 11.30—18.00 m.
c. Savihietamaissa, joissa liettyviä aineksia on 10—20 % Lehm Sandboden ..... 18.00—22.50 m.
d. Hiekkamaissa, joissa liettyviä aineksia on alle 10 % 22.50—36.00 m.

Muta- ja rahkasoilla käytettävässä ojaetäisyydessä hän yhtyy LECLERCiin ja puoltaa 11—14 m käytettäväksi. Vielä hän kiinnittää huomiota erikoisesti pohjavesiin ja mainitsee, että voimakkaasti lähteellisissä maissa on ojat vedettävä aina kuhunkin lähdepaikkaan. Vaikka PERELS, kuten edellä olevasta selviää, oli yhtynyt WÄGEen liettyvien ainesten mukaan määrätä ojaetäisyys, hän sanoo kuitenkin myöhemmin (82b; 1889; 116): »Salaojateknikon pitäisi aina, ennenkuin hän määrää hänelle oudoille seuduille ojaetäisyyden, perehtyä lähiseudun salaojituksissa käytettyihin ojaetäisyyksiin ja niiden kuivatuskykyyn, missä niitä vain on, kun nämä antavat hänelle paremmat ohjeet kuin oppikirjoissa olevat taulukot, joissa ojaetäisyys määrätään maan laatujen arvioinnin perusteella».

JOHN SCOTTin mukaan [84; 1911; II Teil; 137 (Farm engeneering, London 1885)] otetaan Englannissa salaojaetäisyys jäykissä savimaissa 4—6 kertaa ojasyvyyttä suuremmaksi, jäykissä hiesusavi-

maissa 6—8 kertaa ja keveissä maissa 8—10 kertaa ojasyvyyttä suuremmaksi.

General Board of Health Lontoossa käytti seuraavaa luokittelua etäisyyksien määräämisessä [86; 1926; 163. (M. de Ville-Chabrolle Contribution à letude des propriétés des terres. Paris, 1908)]:

Maan laatu	Salaojaetäisyys m	Salaojasyvyys m
1. Sangen tiiviit tai jäykät maat:		
Sitkeä, sangen kompakti savimaa	4.57	
Jäykkä savimaa	5.03	0.76
Jäykähkö savimaa	5.49	0.84
Kevyehkö jäykkä savimaa	6.40	
2. Keskinkertaiset maat:		
Jäykkä hiesusavimaa	6.71	
Merkeli hiesusavimaa	7.32	0.915
Soran ja hiekanpitoinen hiesusavimaa	8.23	
Kevyehkö hiesusavimaa	9.15	0.99
3. Kevyet maat:		
Soran ja hiekanpitoinen kevyt hiesusavimaa	10.06	1.097
Kevyt merkelihiesusavimaa	10.98	1.14
Piimaapitoinen hiesusavimaa	11.89	
Sangen kevyt hiesusavimaa	12.81	1.22
Hietamaa	13.72	
Hieman soranpitoinen hietamaa	15.10	
Sangen » »	16.78	1.30
Hiekkamaa	18.30	1.37
Karkea hiekkamaa	20.13	

Vincent (85; 1890; 119—120) vielä hieman myöhemminkin tyytyy mainitsemaan vain, että savimaissa voidaan käyttää ojaetäisyytenä syvyyttä 12 kertaa suurempaa leveyttä sekä että hietamaissa pitäisi voida käyttää 24:kin kertaa suurempaa leveyttä kuin syvyys on. Hän on myöskin lyhyesti kiinnittänyt huomiota voimakkaan sateisuuden vaikutukseen ojaetäisyyteen.

V. 1897 tapaamme uudelleen Saatzin esityksen tapaisen etäisyysmääräysmenetelmän, jonka on laatinut Sveitsin maataloudellisten yhdistysten asettama komissio.

Siinä on keskimääräiseksi syvyydeksi otettu 1.25 m:in sijasta 1.50 m, ja etäisyyksiksi on määrätty:

1. Jäykissä savimaissa ..... 10—12 m
2. » hiesusavimaissa ..... 15 m
3. Kevyissä » ..... 18—20 m
4. Muuten varsin edullisissa vettäläpäisevissä maissa aina 25 m:iin asti.

V. 1898 Seyferth (87; 1902; 407—409) esitti Coldingin kaavaa varsin paljon muistuttavan matemaattisen kaavan: $l = \frac{2\,t}{\sqrt{q}}$, jossa

l = salaojaetäisyys, t = sallittu pohjavesikorkeus, q = maan ominaisuuksista ja vesimäärästä riippuva koeffisientti.

Ylimalkaiseen maalaji-nimitykseen perustuva on vielä myöskin Schleesian provinssin kuninkaallisen pääkomission asetus (die Anweisung von der Königlichen Generalkomission für die Provinz Schlesien; Berlin; 1899).

Asetus määrää ojaetäisyyden määräyksissä salaojitusten suunnittelussa noudatettavaksi seuraavia ohjeita (88; 1910; II Teil; 36, 37):

»Yleensä soveltuvat tähän astisen kokemuksen mukaan salaojasyvyyden ollessa 1.25 m pelto- ja niittyviljelyksessä ja putouksen ollessa 1 : 250—1 : 300 seuraavat etäisyydet käytettäväksi:

kevyessä (mild) hiekkahietamaassa	24—30 m
savisehtavassa (lehmig) hiekkahietamaassa	20—24 »
hietavassa hiesusavimaassa (Lehmboden)	16—20 »
tavallisessa hiesusavimaassa, jossa on kiviä	14—16 »
jäykissä hiesusavimaissa (Schwerer Lehmboden)	12—14 »
jäykissä savimaissa (Schwerer Tonboden)	10—12 »

Juoksuhieta, s. t. s. aivan hieno vettäpidättävä hieta ja vahvasti rautapitoiset maat vaativat pientä ojaetäisyyttä, joka on joka tapauksessa erikseen määrättävä.

Runsaasti viettävillä mailla ja putouksen suhteen poikittain suunnatussa ojituksessa voidaan edellä mainittuja määriä leventää aina 20 %:lla.

Maissa, missä esiintyy erikoisia kerrostumia, on ojaetäisyys arvioitava erittäin niiden vahvuuden mukaan ja käytettävä keskimääräistä etäisyyttä; jos tiiviitä maita esiintyy vain paikka paikoin, voidaan käyttää lisäväliojia.»

Kopécky (83; 1901; 3—5) painostaa maaperän fysikaalisten ominaisuuksien kaikinpuolisen tutkimuksen merkitystä kulttuuriteknillisissä hankkeissa sekä sanoo, että ensi sijassa on maan kerrostuma suhteet otettava selville, ja sitten tutkittava mekaanisesta kokoomuksesta johtuva maan fysikaalispedologinen luonne, pääasiassa sen suhtautuminen ilmaan ja veteen ja tulokset numeroin esitettävä.

Hän esittää (83; 1901; 13, 20, 21) böömiläisessä intensiivisessä viljelyksessä salaojasyvyyden ollessa 1.30 m ja maan viettäessä vähän seuraavat etäisyydet soveltuviksi:

	Hienoja liettyviä aineksia <0.01 mm	Etäisyys m	Etäisyys salaojasyvyyttä suurempi
1. Jäykkä savimaa (Schwere Ton- und Lettenböden)	70 %	8—9	7 kertaa
2. Hietahiesupitoinen savimaa joka on varsin $CaCO_3$-pitoinen (15 %) (Feinsandige Tone und Lettenböden)	70—55 »	9—10	7.5 »
3. Hieta- tai hiesupitoinen lihava savimaa (Tonboden)	55—40 »	10—12	7.5—9 »
4. Tiivis hiesusavimaa (Lehmboden) tai hietava, hiesusavinen maakerros (sandige, lehmigtonige Bodenschichten)	40—30 »	12—14	9—10.5 »
5. Huomattavasti hietava tai hienohietainen hiesusavimaa (Lehmboden)	30—20 »	14—16	10.5—12 »
6. Hyvin hietava hiesusavimaa, hyvin hiesusavinen tai humuspitoinen hietamaa (Humus 5 %)	20—10 »	16—18	12—14 »
7. Hieman hiesusavi- tai humuspitoinen hietamaa	10 »	18—20	14—15.5 »
8. Hiekkahietamaa		20—24	

Kopécky korostaa erikoisesti, että tärkeissä tapauksissa mekaanisen maa-analyysin avulla ei ole vain todettava hienojen liettyvien aineksien määrä, vaan myöskin fysikaalis-kemiallista tietä maalajin saviainespitoisuus (< 0.002 mm) ja määrättävä imuojaetäisyys vertaillen tulosta seuraavaan asteikkoon:

	Saviainesta %	Etäisyys m
1	>55	8—9
2	55—40	9—10
3	40—25	10—12
4	25—15	12—14
5	15— 7	14—16
6	7— 2	16—18
7	< 2	18—20
8		20—24

Kopécky kiinnittää myöskin huomiota maaston viettävyyteen vaikkakaan ei katso sitä voitavan esittää kokeilun puutteessa numeroin. Hän katsoo (83; 1901; 14), että »jäykissä savimaissa (Tonböden) putouksella ei ole mitään erikoista vaikutusta imuojaetäisyyteen. Mainittuja etäisyyksiä voidaan leventää parhaassa tapauksessa vain 1 metrillä. Mutta mitä keveämpi maa on, sitä huomattavampi on viettävyyden vaikutus, niin että mainittuja etäisyyksiä voidaan leventää hiesusavimaissa 2 m:llä, hietahiesumaissa 3—4 m:llä.»

Viettävyyden ohella huomauttaa Kopécky myöskin ruokamullan ojaetäisyyttä enentävästä ja erinäisissä olosuhteissa myös vähentävästä vaikutuksesta (83; 1901; 14, 15, 21, 25, 26). »Jos ruokamulta

on fysikaalisesti huonossa olotilassa ja osoittautuu se esimerkiksi korkeana vesikapasiteettina (80 %), on poikkeuksellisesti määrätty reduktio asian vaatima ja siten, että maissa, joissa on yli 55 % saviaineksia, otetaan ojaetäisyys 6 kertaa, maissa, joissa on saviaineksia 55—40 % 7 kertaa ja maissa, joissa on saviaineksia 40—25 % 7—8 kertaa niin suureksi kuin salaojasyvyys on.»

Samaten hän mainitsee kalkista (83; 1901; 24, 25), että salaojaetäisyys voidaan valita jonkin verran leveämmäksi maissa, joissa pohjamaassa esiintyy melkoinen määrä kalkkia.

Myöskin rautapitoisuuden vaikutuksen Kopécky on huomannut ja sanoo: »Milloin maan rautaoksidipitoisuus on 1 %, on jo kevyissä maissa mainittuja salaojaetäisyyksiä kavennettava n. 1—2 m:llä.»

Kornella (87; 1902; 407—409) on perusteellisesti perehdyttyään ja tutkittuaan galitsialaisen perusparannustoimiston laatimia salaojitussuunnitelmia julkaissut seuraavan taulukon salaojaetäisyyden ja liettyvien aineksien, joiden suuruus ei ole yli 0.04 mm, keskeisestä suhteesta:

Liettyviä aineksia < 0.40 mm paino-%	Ojaetäisyys m
100—80	8—10
80—60	10—12
60—40	12—14
40—30	14—16
30—20	16—18
20—10	18—20
10— 0	20—24

Hän lisää kuitenkin: »Ojaetäisyyden määräämisessä pitää myöskin ottaa huomioon karkeammat hiukkaset, jotka epäilemättä ovat huomattavalla tavalla vaikuttamassa maan luonteeseen, ja on itse asiassa salaojaetäisyyttä levennettävä 1—2 metrillä sen mukaan, missä määrin näitä karkeampia aineksia maassa on».

Gerhardt (89; 1903; 285—287) myöskin määrittelee ojaetäisyyden liettyvien aineksien mukaan, vaikkakin edellisistä hieman poikkeavalla tavalla ja käytetään hänen menetelmäänsä pääasiassa keskisessä ja itäisessä Saksassa. Hän ottaa sitä paitsi myöskin maaston viettävyyssuhteet huomioon ja rajoittaa salaojitusteknikko C. Heinzé'n Kletzkosta havaintojen mukaisesti viettävyyden vaikutuksen siihen määrään, että pystysuora korkeusero tulisi olemaan 0.5 m viereisillä ojakohdilla. Lähemmin selviävät ohjeet seuraavasta taulukosta:

Maalaji	I. Tasaisessa maastossa, jossa putous on korkeintaan 1 : 270 (Pitkittäissalaojitus)		II. Kohtalaisesti ja jyrkästi viettävässä maastossa, jossa putous on yli 1 : 270 (Poikittaissalaojitus)	
	Etäisyys	Huomautuksia	Luontaisen kuivatuksen vallitessa pienemmässä tai suuremmassa määrässä	Huomautuksia.
	m		m	
Jäykissä savimaissa eli maissa, joissa on liettyviä aineksia yli 75 % (Strenge Tonböden) ..	10	Etäisyyden leventäminen sallittu, jos luontaista kuivatusta on olemassa.	10 –15	Etäisyyttä lisättävä luontaisen kuivatuksen vallitessa ja myöskin viettävyyden mukaan aina siihen määrään, että pystysuora korkeusero ei ylitä 0.5 m viereisillä ojakohdilla, ollen kuitenkin harvoin 15 m eikä koskaan 10 m kapeampi.
Tavallisissa savimaissa, joissa on liettyviä aineksia 75—50 %	10 –12			
Jäykissä hiesusavimaissa, (Schwere Lehmböden), joissa liettyviä aineksia 50—40 %	12—14		12—18	
Tavallisissa hiesusavimaissa, joissa liett. ain. 40—50 %	14—16		14—21	
Hietavissa hiesusavimaissa, joissa liett. ain. 30—20 %	16—20		17—25	
Hiesusavipitoisissa hietamaissa, joissa liett. ain. 20—10 %	20—24		21—30	
Hiekkahietamaissa, joissa liett. ain, 10 %	24—30		25—35	

Blauth (91; 1903; 791—796) Galitsiasta huomauttaa, ettei ole käytettävissä mitään teoreettisia perusteita sen paremmin salaojasyvyyden kuin etäisyydenkään määräämiseksi, niin että vain järkiperäisen huomioinnin avulla maan kaikinpuolisista paikallisista ominaisuuksista, mikäli me pystymme niitä ymmärtämään, jokaisessa erikoistapauksessa on määrättävä ojaetäisyys.

Sellaisina paikallisina tekijöinä hän mainitsee: 1) sademäärän, 2) k. o. alueen aseman maastossa, 3) pinnan viettävyyden ja 4) maan värin, 5) hydrograafiset olosuhteet, 6) maan laadun, 7) maakerrostumien järjestyksen, 8) viljelyskunnon ja 9) viemärisuhteet.

Näistä mainitsemistaan tekijöistä useimpien vaikutuksen ojaetäisyyteen hän jättää yleisluontoisen selvittelyn varaan, vain maan laadun ja eri maalajikerrostumien huomioon oton hän määrittelee lähemmin.

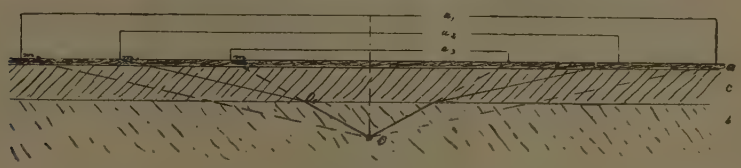
Eri tutkijoitten esityksiin perustuvina jonkinlaisina keskiarvoina hän esittää maiden laadun huomioon ottaen käytettäväksi seuraavia etäisyyksiä:

Maalaji	Liettyviä aineksia %	Etäisyys
1. Jäykkä plastillinen savimaa [Schwerer, plastischer Ton (Letten)]	75 %	9—10
2. Tavallinen lihava savimaa (Ton), merkeli- ja kalkkimaa, hietapitoinen lihava savimaa (Ton), jäykkä hiesusavimaa (Lehm)	75—30	10—17
3. Hietava hiesusavimaa, tavallinen multamaa (Erde)	30—20	17—20
4. Multava hietamaa ja turvemaa (Torfboden)	< 10	19—29
5. Rautapitoinen hieta- ja hiekkamaa ja turvepitoinen humusmaa		11 18

Hän lisää kuitenkin, että hiekkamaat voidaan salaojittaa, suurta etäisyyttä käyttäen ja ainakin 19—29 m:n ojavälein.

Sitä paitsi maissa, jotka sisältävät paljon hietaa (Sandstaub), hän on rinnastanut puolet sen määrästä liettyvien aineksien kanssa ja liittänyt tämän ekvivalenttimäärän liettyvien aineksien kokonaismäärään.

BLAUTHin menetelmän mukainen salaojasyvyydellä esiintyvien eri maalajikerrostumien vaikutuksen laskeminen lopullisen ojaetäisyyden määräämiseksi selviää seuraavasta piirroksesta, kuva 57.



Kuva 57.

Piirroksessa vastaa a_1 etäisyyttä maalajissa c, a_3 etäisyyttä maalajissa b ja a_2 näiden kahden eri maalajin salaojasyvyydellä esiintyvää kerrostumavahvuutta vastaavaa etäisyyttä.

JOHN (92; 1907; 300) esittää 1.25 m syvässä salaojituksessa seuraavia imuojaetäisyyksiä:

1.	jäykissä savimaissa (Lettenboden)	7.5 m
2.	jäykänlaisissa » »	9.5 »
3.	lihavissa hiesusavimaissa (Lehmboden)	11.3 »
4.	laihoissa » »	15.0 »
5.	hietavissa » »	18.8 »
6.	kevyissä hietamaissa	25—36 »

JOHN käyttää erittäin kosteassa ilmastossa jäykissä hiesusavimaissa jopa 6.5 m:ä.

FRIEDRICH (92; 1907; 298—302 ja samoin vielä 93; 1923; 352—357) esittää ojaetäisyyteen vaikuttavina tekijöinä salaojasyvyyden, maan läpäiseväisyyden ja viettävyyden ohella tulvanalaisuuden,

sademäärän ja sen jakautumisen ja eri viljelyskasvien vedentarpeen sekä korostaa tärkeyttä päästä selville todellisista pohjavesivirroista tai vettä syöttävistä pohjavesipuroista.

Friedrich huomauttaa, kuten Kopéckykin (83; 1901; 16), että maanläpäiseväisyyden arvioimiseksi on tärkeä tuntea ei vain liettyvien aineksien prosenttimäärä, vaan vähintään myöskin hiedan (0.05—0.01) prosenttiosuus ja toisaalta myöskin seulaan jäävä hiekan ja kivien prosenttimäärä. Hän ei itse esitä mitään täsmällistä menetelmää siitä, mitenkä eri tekijät on otettava huomioon ojaetäisyyden määräämisessä, vaan tyytyy vain mainitsemaan jo edellä esitetyt eri henkilöitten esittämät menetelmät lieteanalyysin antamien tulosten perusteella. Hän ei kuitenkaan tunnu niihin luottavan, koska hän vielä v. 1923:kin lausuu: »Nykyään ollaan vielä valitettavasti pakotettuja suunnitelmien laadinnassa noudattamaan käytännöllisen kokemuksen antamia yleisluontoisia ohjeita», sekä painostaa kokeilun tarpeellisuutta.

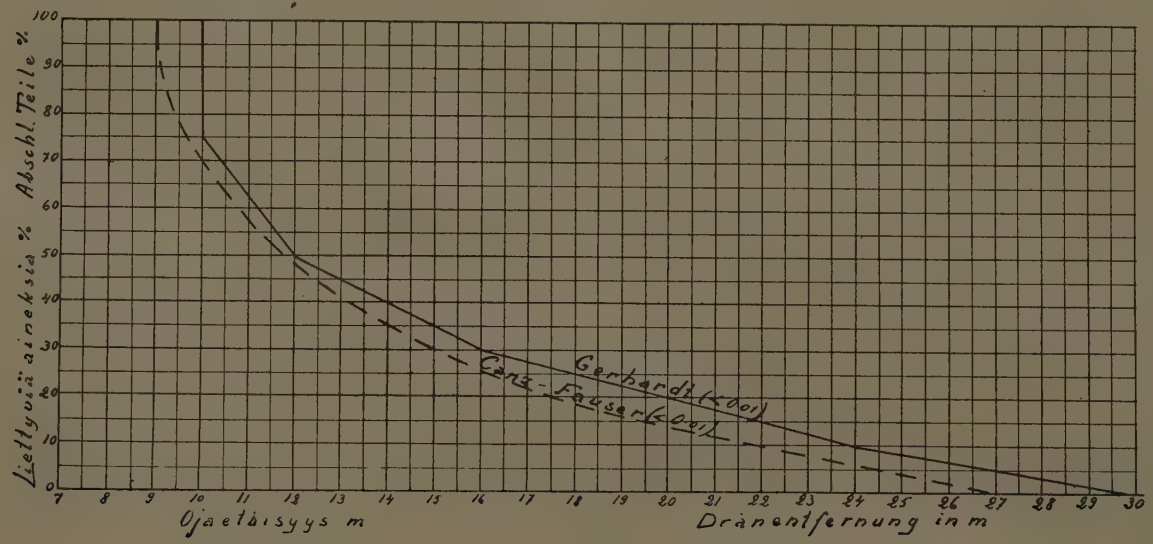
Canz sovellutti Kopéckyn taulukkojen ohjeet württenbergiläisiin maan käyttösuhteisiin ja Fausser (94; 1908; 300—306) esitti pyöristäen tulokset graafisesti. Ojaetäisyys Canz—Fausserin mukaan, kun salaojasyvyys on 1.25 m, näkyy seuraavasta:

Liettyviä aineksia <0.01 mm %	Etäisyys tasaisessa maastossa m	Liettyviä aineksia <0.01 mm %	Etäisyys tasaisessa maastossa m
100—68	9—10	25—22	16—17
68—56	10—11	22—19	17—18
56—48	11—12	19—16	18—19
48—41	12—13	16—14	19—20
41—35	13—14	14—12	20—21
35—30	14—15	12—10	21—22
30—25	15—16		

Etäisyydet saadaan graafisesti piirroksesta, kuva 58.

Fauser on myöskin laatinut seuraavan taulukon siitä, mitenkä hiukkassuuruuden 0.05—0.01 mm osuus suhteessa hiukkassuuruuden < 0.01 mm osuuteen on otettava huomioon ojaetäisyyksien määräyksissä (94; 1908; 304 ja 95; 1927; 7) hiesusavi- ja lihavissa hiesusavimaissa, joissa on hienoja liettyviä aineksia < 0.01 mm 30—50 %:

Hiukkassuuruutta II (0.05—0.01 mm) enempi kuin hiukkassuuruutta I (<0.01 mm)	Sallittu levennys metreissä württenbergiläisissä oloissa piirroksen, kuva 58, antamiin etäisyyksiin salaojasyvyyden ollessa m:				
	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
+15 %	4.6	5.0	5.3	5.8	6.2
+10 %	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9
+ 5 %	2.8	3.0	3.2	3.5	3.7
± 0 %	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5
— 5 %	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
—10 %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0


Liettyviä aineksia % Abschl. Teile %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Ojaetäisyys m
Drànentfernung in m
Gerhardt (<0,01)
Genz-Frauserloch

Kuva 58.

Fauser pitää edelleen etäisyyslevennyksen sallittuna, jos maa on huomattavassa määrässä kalkkipitoinen, ja esittää täksi:

kalkkipitoisuuden ($CaCO_3$)	ollessa	15 %	0.5 m
»	»	30 »	1.0 »
»	»	50 »	1.5 »
»	»	70 »	2.0 »

Myöhemmin (95; 1927; 8) hän on esittänyt kalkkipitoisuuden ojaetäisyyslisäykset seuraavanlaisiksi:

$CaCO_3$ 15 %	0.5—1.0 m
» 30 »	1.0—2.0 »
» 50 »	2.0—3.0 »

joista pienempiä arvoja käytetään jäykissä ja suurempia kevyissä maalajeissa.

Rautapitoisuuden ja putouksen vaikutukseen nähden ojaetäisyyden määräyksessä hän yhtyy Kopécky'in.

Gerhardt (90; 1909; 407—413) käsittelee v. 1909 ojaetäisyyteen vaikuttavia tekijöitä perusteellisemmin ja mainitsee yhtenä uutena tekijänä tarkoitetun salaojituksen kestävyysajan.

Bersch (96; 1909; 61—68) pitää soitten kuivatusta käsittelevässä julkaisussaan 1) sademäärää ja sen jakautumista tärkeimpänä kuivatuksen voimakkuuden määrääjänä ja varoittaa erikoisesti liikakuivatuksen vaarasta, missä sademäärä nousee vain 300—600 mm ja kesäkausi on vähäsateinen ja katsoo, ettei tätä vaaraa ole olemassa seuduilla, missä sademäärä nousee 1 200—2 000 mm. Hän mainitsee myöskin, että 2) suonlaatu vaikuttaa kuivatuksen voimakkuuteen, mutta katsoo, että vähän mutautuneet rahkasuot kaipaavat voimakkaampaa kuivatusta, kuin mutasuot. Edelleen hän esittää, että kuivatustarve riippuu 3) suon käyttötavasta siten, että peltoviljelys kaipaa voimakkaampaa kuivatusta kuin niitty- ja laidunviljelys, ja laidun voimakkaampaa kuin niitty, 4) käytetystä viljelystavasta, niin että soilla, jotka Rimpaun tapaa käyttäen on peitetty hiedalla, on käytettävä voimakkaampaa kuivatusta kuin peittämättömillä soilla ja 5) paikallisista pohjavesisuhteista. Tacke'n mukaan hän mainitsee pohjoissaksalaisissa oloissa, joissa sataa 500—600 mm vuodessa, käytettävän 1.10—1.30 syvyisessä salaojituksessa suolaadusta riippuen 15—25 m:n etäisyyttä ja Cunrau'ssa, joka on Rimpaun hietapeittoviljelyksen alkukehto, salaojasyvyyden ollessa 1.20 m 22—25 m.

Spöttle (84; 1911; 134—139) huomauttaa, kuten Seyferth aikaisemmin 1899, salaojasyvyyden vaikutuksesta, että siellä missä

maakerrostuma muuttuu syvemmällä läpäisemättömämmäksi, siellä ei suurempi salaojasyvyys enää tuota sanottavia etuja.

Maan laatuun nähden hän kiinnittää huomiota liettyvien ja savimaisten aineksien merkitykseen, mutta huomauttaa kuitenkin, että hän tutkitutti suuren joukon salaojitettuja maita, kaikkia Baierin kuningaskunnassa esiintyviä maalajeja, voimatta johtaa mitään sääntöä lieteanalyysin (KÜHNin sylinteri) antamien liettyvien aineksien ja ojaetäisyyden keskeisestä suhteesta, ja hän varoittaa, että kulttuuriteknikot eivät saa erinäisissä tapauksissa luottaa ojaetäisyyden määräämisessä yksinomaan mekaanisen maa-analyysin antamiin tuloksiin eikä liioin praktiikan miesten esittämiin, empiirisesti saatuihin lukuihin. Erikoisesti hän huomauttaa vielä, että missä vettä kuljettavia kerroksia esiintyy, siellä lieteanalyysin antamilla tuloksilla on toisarvoinen merkitys, samaten kuin monilla marskimailla reikien ja halkeamien vuoksi, jotka huomattavasti parantavat läpäisykykyä.

Hän kiinnittää myös huomiota siihen, mihin ilmansuuntaan maat viettävät mainiten, että se saattaa vaikuttaa varsin huomattavassa määrässä ojaetäisyyteen.

Paikkakunnilla, missä ei ole vielä kokemusta salaojituksesta kehoittaa hän järjestämään kokeiluja.

BREITENBACH (97; 1911; 165) ei luota mekaanisen maa-analyysin antamiin tuloksiin, jonka vuoksi hän on antanut määrätä maan tehopinnan eli maan hygroskooppisuuden MITSCHERLICHin menetelmää käyttäen, ja vertaamalla saatuja tuloksia toteutettuihin salaojituksiin hän laati uuden perusteen ojaetäisyyden määräämiseksi, jota varten hän johti sitten kaavan:

$$d_1 = \frac{1.6211 - \log w_1}{0.055}, \text{ jossa}$$

w_1 = hygroskooppisuus,
d_1 = ojaetäisyys m

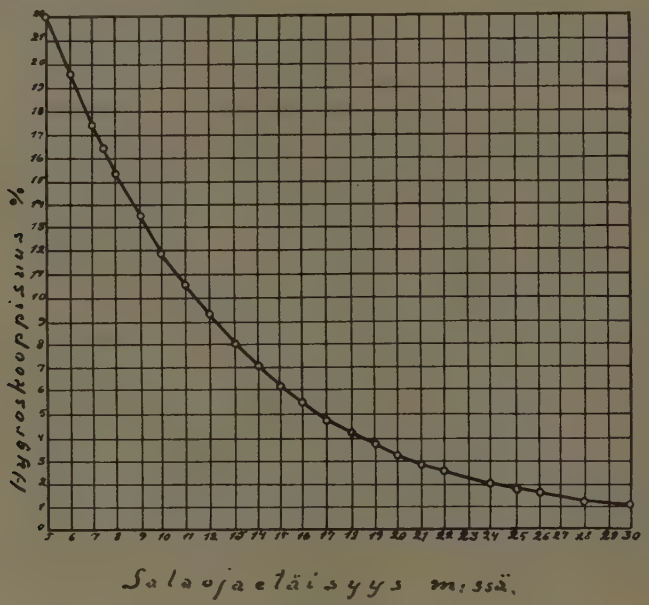
ja laati siitä graaf. piirroksen kuva 59. (86; 1926; 166).

KING (98; 1918; 437—442), U. S. A., mainitsee ojaetäisyyteen vaikuttavina tekijöinä: 1) sen helppouden, millä vesi pääsee painumaan salaojiin, 2) salaojasyvyyden ja 3) vajovettä aiheuttavan sateisuuden runsauden.

ASPEGRÉN (99; 1918; 29), Ruotsista, katsoo heikäläisissä oloissa seuraavat ojaetäisyydet eri maalajeissa sopiviksi syvyyden ollessa 1.2 metriä:

jäykässä savessa	10—13 m
tavallisessa savessa	14—15 »
hietapitoisessa »	15—17 »
savipitoisessa hiekkahietamaassa	18—20 »
hiekkahietamaassa	22—30 »

Erikoisesti hän huomauttaa vielä siitä, että ojituksen jälkeen vesi vähitellen luo itselleen kulkuteitä maassa, josta syystä veden nopeampi virtailu maassa edistyy.



Kuva 59.

Krüger (35; 1921; 126—129), samalla kun hän mainitsee useita eri etäisyyteen vaikuttavia tekijöitä, tyytyy maan laatuun nähden esittämään edellä jo mainittuja menetelmiä sen huomioon ottamisessa.

Feilberg (61; 1921; 127—130), Tanskasta, huomauttaa aivan täydellä syyllä: »Kun useat ojaetäisyyteen vaikuttavista tekijöistä ovat varsin vaihtelevia, ei niiden tietojen perusteella, mitä meillä tällä hetkellä on niiden vaikutuksesta, ole mahdollista esittää luotettavaa kaavaa ojaetäisyyden määräämisestä». Coldingin kaavan hän katsoo sopimattomaksi, kun maanläpäisykyvyssä ojituksen jälkeen tapahtuu useasti suuria muutoksia ja kun itse läpäisykokeessa saadaan samallakin maalla varsin vaihtelevia arvoja.

Hän ei myöskään pidä maan lieteainepitoisuuteen eikä hygroskooppisuuteen perustuvain ojaetäisyyksien määräyksien vievän aivan tyydyttäviin tuloksiin ja lausuu, että suoranaisten kokeiden järjestely k. o. alueella lienee paras menetelmä ojaetäisyyden määräämisessä, ja esittää käytettäväksi samallaista menetelmää, kuin edellä on jo mainittu käytetyn viime vuosisadan puolivälissä.

ZUNKER (54; 1921; 561—603) selostaessaan eri tekijöitten vaikutusta ojaetäisyyteen sanoo, että joka tapauksessa ehdottomasti määräävin tekijä on maan laatu ja lisää: »Maan laatu määrää normaali etäisyyden, johon muut tekijät aiheuttavat muutoksia vain aivan mitättömässä määrässä». Hyväksyen BLAUTHin menetelmän salaojasyvyydellä esiintyvien eri maalajikerrostumien huomioon ottamisesta, hän esittää sen matemaattisesti:

$$E = \frac{E_1 h_1 + Eh_2 + Eh_3 + \ldots}{h_1 + h_2 + h_3 + \ldots}$$

jossa E_1, E_2, E_3 . . . . . merkitsevät eri maalajikerroksien sopivinta ojaetäisyyttä ja h_1, h_2, h_3 . . . . . eri kerrostumien vahvuutta.

Samalla kun ZUNKER arvostelee ankarasti menetelmää liettyvien aineosasten ja hygroskooppisuuden perusteella määrätä ojaetäisyys, hän esittää spesifikisen tehopinnan läpäisykyvyn ja salaojaetäisyyden mittana. Maan spesifikisellä tehopinnalla hän tarkoittaa lukua, joka ilmaisee, kuinka monta kertaa niin suuri maan tehopinta on kuin saman painoisen maan, jossa hiukkasten suuruus on 1 mm.

ZUNKER esitti salaojaetäisyyden ja spes. tehopinnan (U) keskeisestä suhteesta seuraavan yleiskaavan:

$$E = a - b \cdot \sqrt[3]{U} \text{ m ja}$$

Böömiä varten $E_B = 24 - 1.5 \cdot \sqrt[3]{U}$ m,

Württenbergiä varten $E_W = 27 - 1.68 \cdot \sqrt[3]{U}$ m,

Itä-Saksaa » $E_O = 30 - 2.00 \cdot \sqrt[3]{U}$ m

sekä laati niistä graafisen piirroksen (54; 1921; 576).

Kaavat soveltuvat käytettäessä 1.25 m:n salaojasyvyyttä.

Sateen vaikutuksen huomiointia varten ojaetäisyyden määräämisessä ZUNKER johti kaavan:

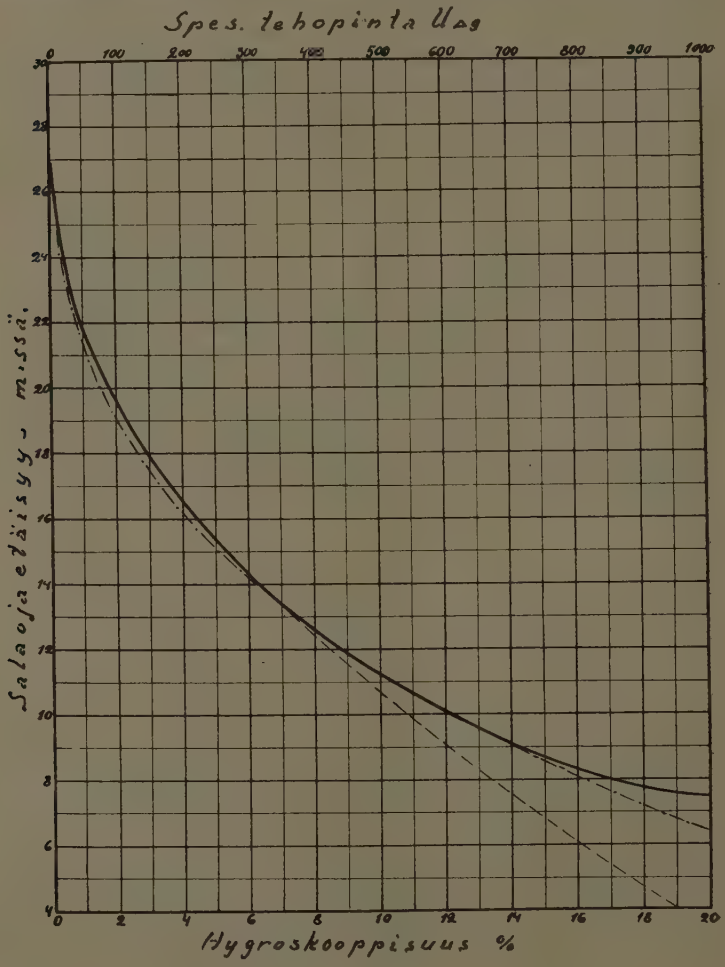
$$E = a - b \cdot \sqrt[3]{U} \cdot \sqrt[6]{n} \text{ m,}$$

jossa n merkitsee muunnetun sademäärän poisjohdettavien salaojavesien suhdetta normaaliseen poisjohdettavaan vesimäärään.

Samalla kun ZUNKER pitää hygroskooppisuuteen perustuvaa menetelmää ojaetäisyyden määräämisessä yleensä vääränä, hän katsoo erittäin myöskin BREITENBACHin siihen perustuvan ojaetäisyyskaavan virheelliseksi ja johti sen vuoksi hygroskooppisuuteen perustuvaa menetelmää varten uuden kaavan (54; 1921; 584):

$$E = 30 - 8.7 \sqrt{w_H}$$

Sittemmin v. 1926 (115; 1926; 371) ZUNKER on esittänyt uuden graafisen piirroksen, kuva 60, ojaetäisyyden määräystä varten, jossa



Kuva 60.

spes. tehopinta on määrätty 9:n päivän pituisen seisotuksen perusteella; piirroksessa täysviivainen kaarros vastaa juuri tähän spes. tehopintaan perustuvaa menetelmää.

Flodkvist (51; 1922; 27—30) suhtautuu myöskin epäilevästi mekaaniseen maa-analyysin, läpäiseväisyyskokeiden ja hygroskooppisuuden antamiin tuloksiin perustuvaan ojaetäisyyksien määräykseen ja sanoo: »Minusta kuitenkin näyttää suurin piirtein pohjavesikorkeuksien vaihtelut t. s. ensi sijassa pohjaveden nopeampi tai hitaampi painuminen kirren sulamisen ja pitempien sadejaksojen jälkeen, olevan se perusta, jonka pohjalla maalajien luokittelu kuivatustarvetta silmälläpitäen voi tapahtua. Tämän metodin lopullisen merkityksen arvioiminen voi kuitenkin tapahtua vasta laajan koetoiminnan avulla».

Janota on täsmällistyttänyt v. 1923 laatimiensa graafisten piirrosten, kuva 61, avulla Kopéckyn tekemät ehdotukset ojaetäisyyden määräämisessä huomioon ottavista seikoista ja hieman korjannut niitä sekä laatinut etäisyyttä varten seuraavan kaavan:

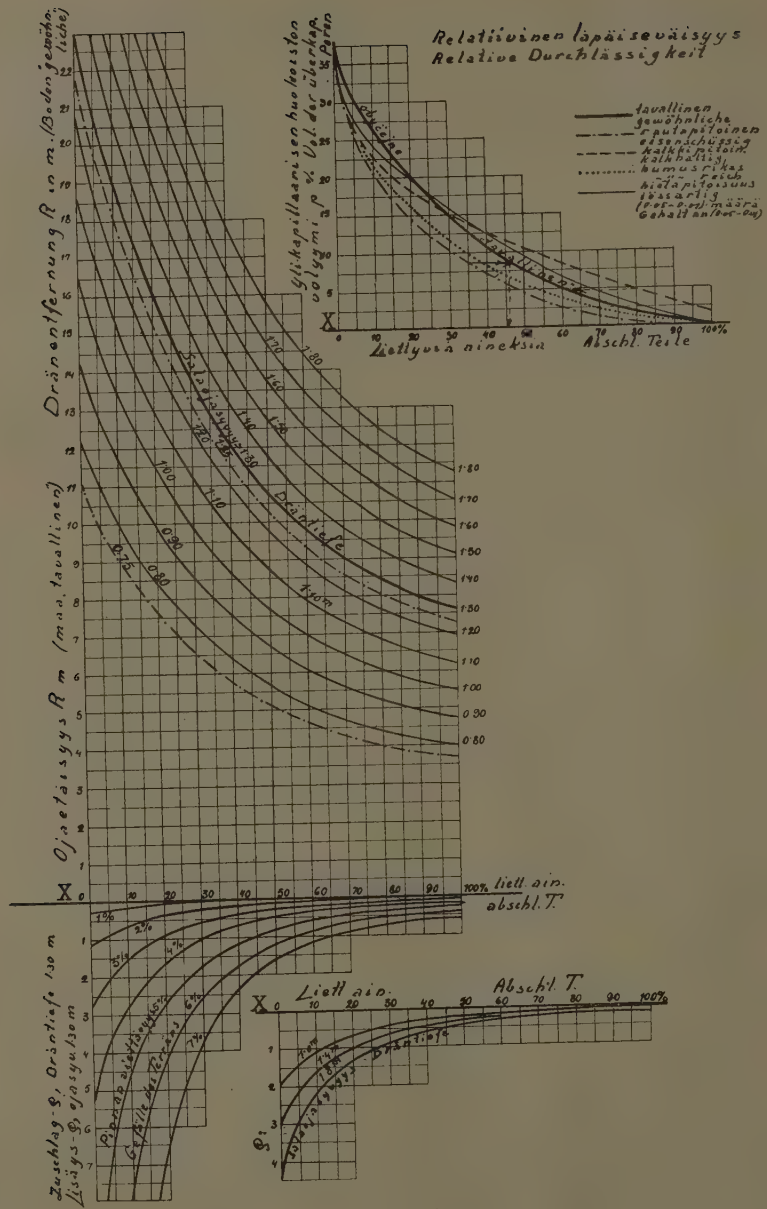
$$E = 2\ (h - d) \cdot k, \text{ jossa}$$
$$d = 0.25\ \text{m},$$
$$h = \text{salaojasyvyys m},$$
$$k = \frac{18.3 + p}{5}, \text{ jossa}$$

p = ylikapillaarinen huokoisvolyymiprosentti, jolla Janota tarkoittaa huokoisvolyymin ja abs. vesikapasiteetin volyymiprosenttien eroa, eli siis ilmakapasiteettia maan sisältäessä abs. vesikapasiteettia vastaavan vesimäärän (100; 1924; 13 ja 19), ja joka saadaan graafisesta piirroksesta, kuva 61, taulusta »Relatiivinen läpäiseväisyys» siten, että liettyvien aineksien < 0.01 mm prosenttiosuutta vastaava vertikaaliviivan leikkauskohta k. o. maalajia vastaavaan käyrään nähden siirretään horisonttaalisesti y-akselille, josta otetaan p:n prosenttiarvo.

Etäisyyslisäyksen poikittaisojituksessa hän laskee kaavasta:

$$R_1 = R + \varsigma\ \text{m, jossa}$$
$$\varsigma = 2\,(h - d) \cdot H, \text{ jossa taasen}$$
$$H = \frac{k^3 \cdot I^2}{1 - k^2 I^2} \text{ ja siinä}$$
$$I = \text{viettävyys} \perp \text{salaojasuuntaa vastaan \%:ssa.}$$

Janota on myöskin laatinut näiden kaavojen perusteella graaf. piirrokset, kuva 61, ojaetäisyyden määräystä varten. Niiden käyttö tapahtuu seuraavalla tavalla:


Relatiivinen läpäiseväisyys
Relative Durchlässigkeit
tavallinen
gewöhnliche
erittäin suuri
äärimmäisen suuri
kalkkipitoinen
humusrikas
hiekkapitoisuus
Liettyvä aineksia
Abschl. Teile
Drönanetäisyys R m (mad. tavallinen)
Ojaetäisyys R m (mad. tavallinen)
Drönsyvyys
Liett. ain.
abschl. T.
Zuschlag-φ, Drönsyvyys 1.30 m
Lisäys-φ ojasyvyys 1.30 m
Liett. ain.
Abschl. T.

Kuva 61.

Kun mekaanisen maa-analyysin perusteella tiedetään liettyvien aineksien prosenttiosuus sekä mitä spesiaali maalajia maa on, haetaan graaf. piirroksesta, kuva 61, näiden risteyspiste ja viedään se vaakasuorasti kaarrokselle »tavallinen» (obycejné). Täten saatu risteyspiste viedään pystysuorasti alas X-akselille, josta luetaan korektiota vastaava liettyvien aineksien prosenttiosuus. Tämän manipulation kautta on otettu huomioon rauta-, humus-, kalkki- tai hieta- (löss) pitoisuuden vaikutus etäisyyteen.

Janota — kuten Kopéckykin — tarkoittaa tässä humuksella, joka aiheuttaa ojaetäisyyden kavennuksen, vain hapanta, adsorptisesti kyllästymätöntä humusta (pikimaa). Graafikon mukaan vaikuttaa rautapitoisuus ojaetäisyyttä kaventavasti 0—2.5 m, humus 0—2.0 m, kalkkipitoisuus 0—1.60 m ja hietapitoisuus 0—1.0 m. Ojaetäisyyttä lisäävästi graafikon mukaan vaikuttaa kalkki 0—1.25 m ja hietapitoisuus 0—0.80 m. Kalkin ja hiedan vaikutus on tämän mukaan siis kahtalainen joko kaventava tai leventävä.

Graaf. piirroksesta saadaan edelleen sitten liettyvien aineksien muunnettua prosenttiosuutta ja eri ojasyvyyksiä vastaavat ojaetäisyydet. Ojasyvyyttä 1.30 m vastaavat viettävyyskorektiot saadaan eri putouksiin nähden saman piirroksen alareunasta.

Amerikassa aina vielä viimeisinä vuosinakin esitetyt perusteet ojaetäisyyden määräämiseksi ovat varsin ylimalkaisia. Niinpä Robb ja Behrends (101; 1924; 271) mainitsevat:

»Salaojaetäisyys riippuu maan luonteesta, pellon asemasta maastossa ja viljelyskasvin laadusta. Hyvä kuivatus vaatii lihavissa savimaissa aina lihaviin hiesusavimaihin saakka 9—12 m:n etäisyyttä, lihavista hiesusavimaista hietaviin hiesusavimaihin 12—18 m:n etäisyyttä, liejumaissa (gumbo) ja jäykissä savimaissa, joiden rakenne on muruinen, 21—24 m:n ja hiekkahietamaissa, joiden pohjamaa on hiekkaa tai somerikkosoraa 30—60 m:n etäisyyttä.»

Salaojasyvyys saattaa samalla vaihdella 60—120 cm:iin, vieläpä olla 180—240 cm syvä.

Schroeder (102; 1924; 20—24) ja Rothe (103; 1924; 453—490) hylkäävät mekaanisen maa-analyysin antamiin tuloksiin, tehopintaan y. m. laboratoriotutkimuksiin perustuvan ojaetäisyyksien määräämisen ja pitävät määrätyillä tavoilla suoritettuja suoranaisia läpäiseväisyyskokeita parhaaseen tulokseen johtavina. Schroeder ei lähemmin määrää, mitenkä hänen ehdottamansa läpäiseväisyyskokeen tuloksia käytännössä on sovellutettava.

Rothe katsoo kaikissa olosuhteissa kaavan

$E = \frac{2h}{\sqrt{q}} \cdot \sqrt{k}$ mukaan laskettujen etäisyyksien vastaavan käytännön tarvetta.

Kaavassa on:

E = ojaetäisyys m:ssä,

h = sallittu pohjaveden korkeus yläpuolella salaojaa ojakohtain keskivälillä m:ssä.

q = vesimäärä, mikä pintayksiköstä (m^2) suotaa m^3/päivää kohti tavallisesti 0.65 sl/ha eli = 0.0056 m^3/m^2/päivää.

k = maan laadusta riippuva läpäisyarvo, joka voidaan laskea läpäisykaavoista tai on kokeellisesti määrättävä, jolloin tutkimuksessa on käytettävä luontaista maata. ROTHE suosittelee KOPÉCKYN (19; 1914; 138) menetelmää läpäisykyvyn määräämiseen. Kaava on siis täysin yhdenmukainen aikaisemmin (sivulla 196) mainitun COLDINGin kaavan kanssa, paitsi että COLDINGin kaavassa on kertoimena 1.8 ja tässä 2.0, joten jälkimmäinen antaa n. 10 % korkeammat etäisyydet.

ROTHE lausuu, että kannattavaisuuslaskelmien avulla on täydennettävä kaavan antamien tuloksien käyttömahdollisuuksien arvioimista. Hän ei kuitenkaan mainitse, mitenkä tällainen laskelma olisi suoritettava.

FRECKMANN ja JANERT (65; 1924; 116—122), hyläten myöskin maaperän laboratoriotutkimuksiin perustuvan ojaetäisyyksien määräyksen, esittävät läpäisytutkimusten suorittamista itse luonnossa. Heidän etäisyyskaavansa kuuluu:

$$E = 8 + \frac{22}{\text{al } 0.2 \sqrt[3]{\text{läpäisyarvo}}}$$

E = ojaetäisyys m:ssä.

Läpäisyarvo merkitsee esittäjien esittämällä kairakojeella (65; 1924; 116—122) saatuja 500 cm^3:n suuruisen vesimäärän läpäiseväisyysaikaa minuuteissa 1.10 korkean vesipilarin paineen alaisena. Läpäiseväisyys määrätään 50—75 cm, 75—100 cm ja 100—125 cm syvyydellä pinnasta, lukien ja läpäisyarvossa D otetaan eri kerroksissa esiintyneet arvot: a, b, c siten huomioon, että:

$$D = c + \frac{b-c}{2} + \frac{a-b}{4}$$

Esitetyn kojeen käytössä Saksassa UKBon tutkimuksissa suoritettiin läpäisykoe kuitenkin vain yhdessä syvyydessä vaihdellen 25—125 cm syvyyksien välillä (8; 1928; 76—77).

Ojaetäisyyden laskemista varten läpäisykokeen antamasta ajasta FRECKMANN ja JANERT myöhemmin esittivät uuden kaavan:

$E = 7 + 10 \ (\log 30 - \log \sqrt[3]{S})$ m, jossa S on 500 cm^3:n suuruisen vesimäärän läpäisyaika minuuteissa (115; 1926; 367).

Claus (104; 1925; 38—44) katsoo, että poikki- ja pituussalaojitukset määrätynlaisine säännöllisine ojaetäisyyksineen eivät nojaudu oikeisiin perusteisiin ja ovat suuressa määrin tarpeettoman kalliita ja esittää käytettäväksi »hajasalaojitusta» (Kurzdränung). Tässä menetelmässä kiinnitetään huomio miltei vain pohjavesiin. Määrätynlaisen taikavarvun (Wünschelrute = verzinkter Eisendraht) avulla etsitään pohjavesisuonet, -purot tai -virrat, jotka sitten kuivatetaan tavallisimmin niihin nähden poikittaisilla salaojilla. Salaojan syvyys ja putken suuruus ovat riippuvia vesisuonen syvyydestä ja virtaavan veden määrästä.

Tämän taikavarpu- (Wasseradernquerdränung) menetelmän puoltajat arvelevat voivansa saavuttaa huomattavasti pienemmin kustannuksin saman vaikutuksen kuin systemaattista ojitusta käytettäessä. Ja »mitä tiiviimpi ja tasalaatuisempi maa on, sitä pienempi, ja mitä vaihtelevampi ja kevyempi maa on, sitä suurempi on säästö,» väittää Claus (104; 1925; 39).

»Maanalaisen (myös matalassa olevan) vesivirran paikan voin minä», sanoo Claus edelleen, »kohtisuorasti maanpintaa kohti tarkoin määrätä laskien syvyyden virran pohjaan likimääräisesti ja suonen vahvuuden vain aivan suurin piirtein». Samalla hän mainitsee, että eri henkilöt reagoivat kokeessa eri tavoin ja asettaa etusijalle heikkovirtaiset.

Solnar (45; 1927; 79) hylkää salaojasyvyyden vaikutuksen ojaetäisyyteen, joka menetelmä perustuu filtratioteoriaan. Suorittamiensa kokeiden perusteella hän tulee tulokseen, että kosteuden järjestely maassa tapahtuu kaasujen diffusion kautta. Mitä enempi maa sisältää huokosia sitä intensiivisempi voi diffusio olla. Vesi, joka on huokoistossa, pienentää diffusiota.

Schildknecht (28; 1927; 5—64) on esittänyt rajakäyräteorian = tarkoituksen mukainen salaojaetäisyys. Tämän rajakäyrän hän on määrännyt tutkimalla joukon (n. 50) valmiiksi salaojitettuja peltoja salaojain kuivatuskykyä silmälläpitäen ja jakaen ne riittävästi ja puutteellisesti kuivaaviin. Tutkimuksessaan hän määräsi näiden maiden liettyvien aineksien (< 0.01) osuuden Kopéckyn menetelmää käyttäen. Voidakseen verrata mekaanisen maa-analyysin antamia tuloksia salaojaetäisyyteen hän on ottanut vielä kolme korrektiotekijää huomioon. Näitä ovat 1) maan hiilihappoisen kalkinpitoisuus, 2) hiukkasryhmän II (0.01—0.05) runsaus hiukkasryhmään I (< 0.01) verrattuna sekä 3) salaojasyvyys. Täten hän laskee lopullisen salaojaetäisyyden, joka sisältää enää vain sademäärän eristämättömänä tekijänä kaavasta:

$E_N = E_o - \Delta E_{CaCO_3} - \Delta E_{II-I} - \Delta E_t$, jossa

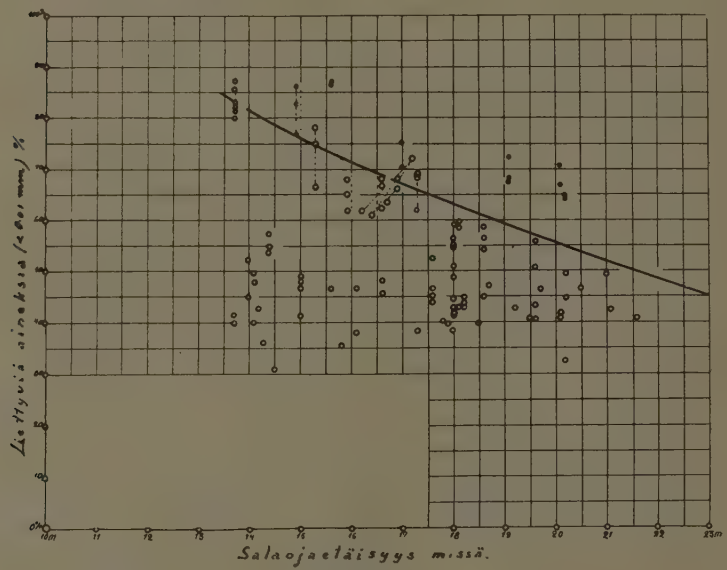
E_o = käytetty ojaetäisyys,

E_{CaCO_3} = kalkkipitoisuus korrektio,

ΔE_{II-I} = hiukkasryhmän II runsauskorrektio hiukkasryhmään I verrattuna,

E_t = salaojasyvyyskorrektio, joka on positiivinen syvyyden ollessa yli 1.5 m ja negatiivinen senjäädessä alle 1.5 m.

Korrektioitten ΔE_{CaCO_3} ja ΔE_{II-I} suuruuden hän ottaa FAUSERin mukaan ja ΔE_t siten, että 1 dm:n suuruista salaojasyvyyseroa kohti hän laskee n. 10 % muutoksen leveydessä. Täten hän on saanut graaf. piirroksessa, kuva 62, näkyvän rajakaarroksen.



Kuva 62.

Mitä erittäin sateen vaikutukseen tulee, laskee hän schweitsiläisissä oloissa 100 mm lisäsateen vaikuttavan vain 0.2 m ojaetäisyyttä vähentävästi ja pitää ZUNKERin sadekorrektiota liian suurena. Myöskin hän sanoo, että on järkevää pienentää KOPÉCKYn ja FAUSERin esittämää korrektiota rautapitoisuuden vaikutuksesta ojaetäisyyteen rautapitoisemmissa maissa.

FAUSER (95; 1927; 5—19) katsoo KOPÉCKYn ja JANOTAn tavoin, että maan sisältäessä huomattavan määrän hapanta, adsorptisesti kyllästämätöntä humusta, ojaetäisyyttä on kavennettava, mutta

esittää sensijaan, että maan sisältäessä paljon pehmeätä, adsorptisesti kyllästettyä humusta, on ojaetäisyyttä enennettävä.

Mainitsematta putoussuhteita tarkemmin, kuten JANOTA tekee, FAUSER esittää viettävillä mailla 1.30 m:n syvyisessä ojituksessa voitavan etäisyyttä leventää hietahiesuisissa maissa 3—4 m, hiesusavimaissa 2 m ja lihavissa savimaissa 1 m.

Vielä huomauttaa hän, että nämä ohjeet soveltuvat peltoviljelyksessä, mutta että niitty- ja laidunviljelyksessä voidaan käyttää 30—50 % suurempaa etäisyyttä.

JANERT selittää (59; 1927; 425—474) tutkimuksiensa perusteella, että kostumislämpö on hygroskooppisuuteen likipitäen suorassa suhteessa, ja jotta saataisiin hygroskooppisuus, on kostumislämpö kerrottava 1.75:lla.

Tällä perusteella hän muuttaa hygroskooppisuusmääräykseen perustuvan ojaetäisyyskaavan: $E = 30 - 8.7 \sqrt[3]{W_h}$

muotoon: $E = 30 - 10.5 \sqrt[3]{W_w}$

jossa W_w = kostumislämpö kal/gr.

Samalla hän esittää, ettei kalkkipitoisuutta tarvitse ottaa erikseen huomioon kostumislämmön perusteella ojaetäisyyttä määrättäessä.

ZUNKER (8; 1928; 38—131) esittää UKBon tutkimuksien perusteella noudatettavaksi seuraavia ohjeita:

1. Salaojasyvyys:

Ihanne salaojaetäisyys, (jolla ZUNKER ymmärtää vain maanäytteen laadun perusteella keskimääräisiä olosuhteita silmälläpitäen määrättyä ojaetäisyyttä), on otettu 1.1 m syvää ojitusta kohti. Jokaista 10 cm suuruista syvyyseroa kohti on ihanne-etäisyyttä muutettava:

kevyissä maissa aina hietaviin hiesusavimaihin asti	10	%:lla
hiesusavimaissa (Lehmboden)	5	»
lihavissa savimaissa (Tonboden)	3	»

2. Ilmastosuhteet:

Sademäärään nähden on ihanneojaetäisyyttä muutettava
talvipuoliskon (1/10—31/3) sademäärän ollessa 250 mm + 10 %:lla
ja sen ollessa .... 350 mm — 10 %:lla

3. Viettävyys ja sen ilmansuunta on otettava huomioon siten, että ihanne ojaetäisyyttä muutetaan:

putouksen ollessa 0—2 % ..... ± 0 %:lla
viettosuunnan ollessa N, O, NO, NW sekä putouksen >2 % ..... ± 0 »
viettosuunnan ollessa S, W, SO, SW sekä putouksen 2—8 % ..... + 10 »
viettosuunnan ollessa S, W, SO, SW sekä putouksen > 8 % ..... + 20 »

4. Maan käyttötapa.

Ihanne ojaetäisyys vastaa peltoviljelystä. Pysyvällä laidunmaalla on ihanne ojaetäisyyttä muutettava + 10 %:lla, niittyviljelyksessä (enimmäkseen yksinäisojia) + 30 %:lla.

5. Pohjamärkyyden aihe.

Ihanne ojaetäisyyttä on muutettava:

a) pohjavetisyyden johtuessa vaikeasti läpäisevästä pohjamaakerroksesta, jokaista 30 cm:n suuruista vähennystä kohti 1 ½ kertaisesta salaojasyvyydestä vettä kantavan pohjamaan korkeuden suhteen — 10 %:lla, eli $\Delta E = \frac{1.5\ t - t_1}{3}$. E_i, jossa

E_i = ihanne ojaetäisyys m,
t = 1.1 m,
t_1 = vaikeasti läpäisevän pohjamaan syvyys maan pinnasta m,
ΔE = korrektio m.

b) kerrosvesistä (kuivatus parhain yksinäissalaojain avulla) ..... — 10—(— 20) %:lla
c) paikoilla, missä on paljon pieniä lähteitä — 30 »
d) huonojen viemärisuhteiden vallitessa .... — 10—(— 20) »

6. Salaojasuunta. Ihanne ojaetäisyyttä on muutettava:
pitkittäisojituksessa putouksen ollessa 2—8 % ..... — 10 %:lla
» » » >8 » ..... — 20 »
huolellisessa vesisuonien kuivatuksessa (pohjavesien poikittaisojitus) ..... + 10 »

7. Luontainen kuivatus. Ihanne ojaetäisyyksiä on muutettava:
hietavia paikkoja esiintyessä ..... + 0.5 m
verraten tasalaatuisessa maassa heikon luontaisen kuivatuksen vallitessa ..... + 1 »
vähemmän tasalaatuisessa maassa huomattavan luonteisen kuivatuksen vallitessa horisonttaalisesti ..... + 10 —+ 20 %:lla
huomattavan luontaisen kuivatuksen vallitessa vertikaalisesti ..... + 10 —+ 30 »

Päinvastoin, milloin paikka paikoin esiintyy jäykempää maata, kuin tutkittu keskimääräinen maanäyte on, on ojaetäisyyttä vähennettävä.

8. Salaojituksen kunto. Ihanne ojaetäisyyttä on muutettava:

vähemmän tyydyttävissä, osittain liettyneissä salaojituksissa	— 10—(— 20)	%:lla
peitettäessä putket välittömästi jäykällä maalla	— 20	»
käytettäessä erittäin läpäiseviä aineita salaojissa	+ 10	»

9. Viljelyksen voimaperäisyys. Tämän vaikutusta ei olisi salaojaetäisyyksissä unohdettava.»

Schroeder (105; 1928; 463—466) ehdottaa käytettäväksi ojaetäisyyden määräämisessä tapaa, joka lähentelee viime vuosisadan puolivälissä käytettyä tapaa koesalaojituksesta. Hän esittää tehtäväksi täydellisen salaojasuunnitelman tavalliseen tapaan. Mutta tästä suunnitelmasta toteutettaisiin ensinnä avoviemärit ja avonaiset niskaojat sekä salaojista kokoojaojat ja imuojat kokoojain yläpäissä, jossa ne toimisivat ikäänkuin niskasalaojina sekä paikoissa, jossa märkyys selvästi on havaittavissa. Imuojia lisättäisiin sitten asteittain (schrittweise), mikäli kokemus osoittaa tarpeelliseksi.

Aivan äskettäin v. 1929 Bonacker (72; 1928) ja Rothe (106; 1929; 155—169) ovat johtaneet ojaetäisyyden määräystä varten pohjois-saksalaisessa peltoviljelyksessä 1.25 m syvyisessä salaojituksessa noudatettavaksi kaavat:

$$E = \frac{117}{W} = \frac{638}{W_E}, \text{ joissa}$$

W = hygroskooppisuus

W_E = liettyvien aineksien (< 0.01) prosenttiosuus.

Nämä kaavat soveltuvat noudatettavaksi, milloin pois johdettava vesimäärä on 0.50 sl/ha ja pohjavedenlaki saa nousta 0.50 m lähelle maanpintaa. Maan erikoislaatu (kalkkipitoisuus, rauta), ilmasto, viljelyskasvi ja viemärisuhteiden edullisuus on aina otettava samalla erittäin huomioon.

Siitä, kumpaako näistä kaavoista olisi käytettävä, Rothe mainitsee seuraavaa:

»Tähän astisten tutkimusten mukaan kulkevat hygroskooppisuus ja liettyvien aineksien prosenttiosuus parallellisesti, jos ne suhtautuvat toisiinsa kuten 1 : 5.5. Näissä keskimääräisissä olosuhteissa on yhdentekevää, mitataanko läpäiseväisyys Kopéckyn liettyvien aineksien vai hygroskooppisuuden mukaan.

Mikäli suurempia poikkeuksia esiintyy mainitussa suhteessa, on käytännön kannalta puollettavissa suhteellisesti pienempien arvojen käyttäminen.»

Edelleen hän lisää: »Yleensä minä pidän hygroskooppisuutta huomattavasti luotettavampana.»

Tutkimuksissa, joihin ROTHEN esittämät kaavat perustuvat, oli mukana vain maita, joiden hygroskooppisuus vaihteli 6—12 % ja liettyvien aineksien prosenttiosuus 30—70 %.

Kuten edellä olevasta selostuksesta selviää, eroavat mielipiteet niistä periaatteista, mitä ojaetäisyyden määräämisessä on noudatettava, varsin paljon toisistaan. Kun jotkut, kuten esim. CLAUS, panevat painoa vain pohjavesille ja pitävät riittävänä hakea pohjavesisuonet ja kuivattaa ne, niin pitävät useat, kuten KOPÉCKY jne., maan laatujen tarkkaa tutkimusta ojaetäisyyden määräämisessä aivan välttämättömänä. Monet sen sijaan katsovat vain luonnossa suoritetun kokeilun avulla päästävän luotettavaan tulokseen, joko siten, että salaojitusta toteutetaan kokeeksi vain osaksi, kuten aikaisemmin meneteltiin ja viimeksi SCHROEDER on ehdottanut, taikka suoritetaan maan vedenläpäisykokeita, niin kuin COLDING ym. ovat puoltaneet.

Mitä erittäin tulee maaperätutkimuksen puoltajien esityksiin siitä, mikä tai mitkä maan ominaisuudet on otettava määrääviksi ja millä tavoin, niin ovat siinäkin suhteessa mielipiteet varsin eroavia.

Käytännössä ei mikään esitetyistä teorioista ole saavuttanut tähän mennessä sanottavaa kannatusta. Tanskassa, Norjassa ja Ruotsissa määrätään ojaetäisyydet miltei yksinomaan kentällä suoritetun silmävaraisen tutkimuksen perusteella. Samaten Baltianmaissa, Englannissa, Ranskassa jne. Tšekko-Slovakiassa sensijaan on suuressa määrässä käytetty tarkan maaperätutkimuksen antamia tuloksia perusteena ojaetäisyyksien määräämiselle jo pitkän aikaa KOPÉCKYn ja JANOTAN jne. esitysten mukaan. Näin on asianlaita ollut myöskin suuressa osassa Saksaa, ja siihen pyritään edelleen useissa Saksan valtioista. Samaten on alettu myöskin viime vuosina tehdä Schweitsissä. Myöskin U. S. A:ssa ovat olot kehittymässä tähän suuntaan (107; 1928; 268—277).

Myöskin Suomessa suoritetaan ojaetäisyyksien määrääminen pääasiassa vain kentällä suoritettujen havaintojen perusteella. Niissä harvoissa tapauksissa, missä suunnittelu on suoritettu mekaanisen maa-analyysin antamien tulosten pohjalla, on se käytännön kokemuksen mukaan näyttänyt vievän, osittain varsin suuressakin määrin, liian kapeisiin ojaväleihin, eli siis aivan päinvastaiseen suuntaan, kun voitaisiin arvioida lyhyemmän kasvukautemme perusteella.

Suorittamieni edellä selostettujen maaperätutkimusten perusteella esitän seuraavassa, mitä ojaetäisyyttä jouduttaisiin meillä käyttämään eri maalajeissa esitettyjen eri menetelmien mukaan.

2. *Ojaetäisyyksien määräysmenetelmien sovelluttaminen tutkimuksessa käsiteltyihin maalajeihin.*

Kuten esittämästäni selostuksesta ojaetäisyyksien määräyksessä käytetyistä perusteista käy selville, on näissä joukko sellaisia, jotka on tarkoitettu olemaan vaan ylimalkaisina ohjeina siitä, mihinkä kaikkeen etäisyyksiä määrättäessä on kiinnitettävä huomiota. Kun tällaisten ohjeiden käyttö on arvion varassa, en ole katsonut tarkoituksenmukaiseksi edes koettaa näitä sovelluttaa tutkimiini maalajeihin. Täten en ole voinut käyttää m. m. Skottin, Johnin, Aspegrenin enkä Robbin ja Behrendsin esittämiä perusteita. He esittävät eri etäisyytensä kylläkin ilmeisesti mekaanisen kokoomuksen mukaan luokitettuihin maalajeihin nähden, mutta jättävät tässä luokittelussa eri maalajit yleisluontoisen nimityksen varaan tarkemmin määräämättä, minkälaisia nämä maalajit, ovat t. s. ilmoittamatta niiden fysikaalisia eroavaisuuksia ja eri lajien rajoja.

Samaten on myös asianlaita Leclercin ja Berschin esityksiin nähden suomailla.

Kun tutkimuksissani en ole määrännyt näytteiden kostumislämpöä, en ole voinut myöskään laskea niitä tuloksia, mitä Janertin esittämän kaavan mukaan olisi saatu. Tutkimuksissaan hän on tullut tulokseen (59; 1927; 457), että kostumislämpö ja hygroskooppisuus kulkevat miltei täysin parallellisesti. Tämän vuoksi voidaan katsoa, että hygroskooppisuuteen perustuva ojaetäisyys jotenkin tarkoin vastaa myös etäisyyttä, mikä saataisiin kostumislämmön määräyksen avulla.

Freckmannin ja Janertin esittämään, kairan reijässä suoritettuun läpäisykokeeseen perustuvaa ojaetäisyysmääräystä en myöskään ole voinut tutkimissani maalajeissa sovelluttaa, kun en ole suorittanut läpäisykokeita heidän esittämällään tavalla.

Useat esitetyistä ojaetäisyysperusteista ilmeisestikään eivät ole tarkoitetut kaikkialla paikkaansa pitäväksi, vaan on niitä ajateltu sovellutettaviksi yleensä vain niissä olosuhteissa ja seuduilla, joiden kanssa asianomainen esittäjä on tullut kosketukseen. Täten on m. m. saatettu jättää huomioon ottamatta eri suuren sateellisuuden ja salaojasyvyyden vaikutus.

Tällaisissa tapauksissa olen laskelmissani sovelluttanut myöhemmin esitettyjä täydentäviä menetelmiä ja niistä sellaisia, jotka maan

laatuun nähden ojaetäisyyden määräyksessä käyttävät lähinnä samanlaista perustetta.

Keskisademäärä on Suomessa (108; 1921; Tabelle 17) 30-vuotiskautena 1886—1915 vaihdellut eri vuosina 479—759 mm ollen keskimäärin tänä aikana 593 mm. Vaihtelu varsinaisilla viljelysseuduilla eri asemien kesken on varsin vähäistä.

Tanskassa (61; 1921; 35) sademäärä on vaihdellut eri asemilla aikana 1874—1905 526—722 mm. ollen keskimäärin 606 mm.

Keski- ja Itä-Saksassa sataa 608 mm, Württembergissä 730 mm ja Böömissä 605 (54; 1921; 595).

Schweitsissä on koko maan keskimääräinen sade 1 560 mm, mutta schweitsiläisessä keskimaassa vain 1 080 mm ja vaihtelee eri asemilla 740—1 670 mm (28; 1927; 45—48).

Vaikkakaan edellä esitettyjä tietoja sademääristä ei voida tarkoin rinnastaa, kun ne ovat eri ajoilta ja eri pitkien ajanjaksojen keskiarvoja, niin selviää niistä kuitenkin. että sademäärään nähden ovat olosuhteet maassamme jotenkin samanlaiset kuin Tanskassa. Keski- ja Itä-Saksassa sekä Böömissä. Sensijaan on sademäärä Württembergissä n. 130 mm ja schweitsiläisessä keskimaassa n. 487 mm korkeampi kuin meillä.

Sademäärän aiheuttamaa korrektiota ojaetäisyyksiin nähden on siis maassamme käytettävä vain niissä menetelmissä. joita käytetään Württembergissä ja Schweitsissä. t. s. Canz—Fauserin ja Schildknechtin esittämissä menetelmissä. Laskelmissani olen sovelluttanut Zunkerin (54; 1921; 597) esittämää korrektiota Württembergissä t. s. 1.0 m etäisyyslisäystä meillä Canz—Fauserin kaavoissa ja Schildknechtin (28; 1927; 45) sademääräkorrektiota hänen esittämässään menetelmässä eli 0.2 m:n etäisyyslisäystä jokaista 100 mm pienempää sademäärää kohti t. s. myöskin vain $0.2 \cdot \frac{487}{100} = 0.97 \sim$ 1.0 m lisäystä.

Maanäytteiden otossa ei ole käytetty yleensä mitään täsmällistä menettelyä, kuten jo aikaisemmin on mainittu. Makroskooppisten havaintojen perusteella on koko salaojasyvyyttä vastaavasta maakerrostumasta valittu tavallisesti vain yksi näyte, harvemmin 2 tai 3 näytettä taikka näyte koko profiilin korkeudelta. Kun tutkimuksissani, kuten edellä on selostettu, olen näytteet (6 kpl) ottanut peräkkäin pinnasta aina 1.20 m:n syvyyteen, on eri osanäytteiden toisistaan enempi tai vähempi poikkeavien tulosten sovelluttamisessa määrättävä, missä suhteessa nämä eri tulokset on otettava huomioon ojaetäisyyden määräyksessä.

Voitaisiin menetellä siten, että laskettaisiin kaikkien kuuden näytteen eri hiukkassuuruuksien keskimääräinen prosenttiosuus,

taikka siten että kukin eri osanäyte pidetään omana maalajinaan ja etäisyydet määrätään koko profiiliin nähden käyttämällä BLAUTHin menetelmää.

Kummassakin näissä otetaan kukin osanäyte saman arvoisena tekijänä huomioon, huolimatta siitä, onko näyte läheltä pintaa vai läheltä täyttä salaojasyvyyttä. Laskelmissani olen käyttänyt näistä menetelmistä viimeksi mainittua, kun se tähän mennessä on ainoa täsmällinen ehdotus tämäntapaisia ratkaisuja varten. JANERT on kyllä läpäiseväisyystutkimuksissaan eri kerroksissa saamilleen läpäisyarvoille provisoorisesti antanut eri merkityksen maan yhteisen läpäisyarvon määräämisessä, mutta se ei sovellu tässä käytettäväksi.

Eri tutkijat ovat esittäneet liettyvien aineksien ylärajaksi eri hiukkassuuruuksia; toiset ovat käyttäneet rajana 0.05, toiset 0.04 ja toiset taasen 0.01 mm. Kun tutkimuksissani olen eri hiukkassuuruusrajoina käyttänyt vain 0.2, 0.02 ja 0.002 mm ei näistä tuloksista voida suoraan määrätä liettyvien aineksien osuutta. Kuten tehopinnan määräyksessä otaksun nytkin eri suuruisia hiukkasia olevan samassa hiukkasryhmässä painolleen yhtäpaljon ja olen määrännyt hiukkassuuruuksien 0.05—0.02, 0.04—0.02 ja 0.01—0.002 paino-osuuden ryhmissään suoraviivaisesti eli jos ryhmän osuus näytteen painosta on X %, niin on 0.05—0.02 osan osuus siitä

$$\frac{X}{0.2-0.02} \cdot (0.05-0.02) = \frac{X}{6}$$

ja 0.04—0.02 osan osuus

$$\frac{X}{0.2-0.02} \cdot (0.04-0.02) = \frac{X}{9}$$

sekä 0.01—0.002 osan osuus

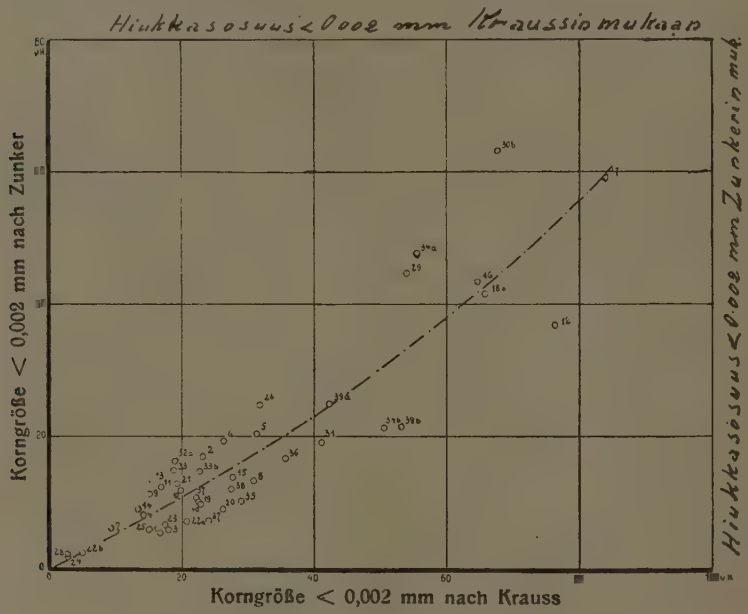
$$\frac{X}{0.02-0.002} \cdot (0.01-0.002) = \frac{X}{9} \cdot 4$$

eli n. 17, 11 ja 44 % ryhmän prosenttiosuudesta.

Kun sitä paitsi eri tutkijat ovat käyttäneet mekaanisen maa-analyysin suorittamisessa eri menetelmiä, aiheutuu tästäkin, ettei tuloksia voida täysin rinnastaa toisiinsa. Olen kuitenkin käyttänyt niitä ilman korrektiota.

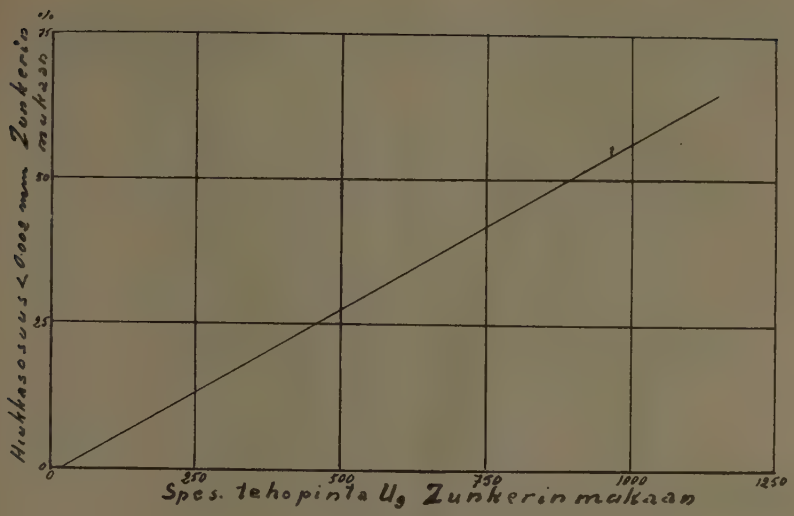
Myöskin maan tehopinnan määräys perustuu eri tavalla suoritettuihin mekaanisiin maa-analyyseihin, joten saman maalajin eri hiukkasryhmien keskeinen suhde voi eri tutkijoiden tutkimuksissa olla huomattavasti erilainen. Niinpä esim. ZUNKER sai samoihin näytteisiin nähden hiukkassuuruusryhmän $<$ 0.002 mm keskimäärin vain

n. 20 %, kun KRAUSS sai 35 %, edelleen n. 40 %, kun KRAUSS sai 62 % ja n. 60 %, kun KRAUSS sai jopa 84 % jne (Katso ZUNKER 8; 1928; 123; Abb. 27), kuva 63. Kun sekä KRAUSS että ZUNKER määräävät tehopinnan hiukkasryhmissä jotenkin samalla tavalla, merkitsee tämä ero sitä, että kun ZUNKER esim. saa spes. tehopinnan vain 350, saa KRAUSS samassa maassa sen 650 ja edelleen ZUNKER 700, niin KRAUSS 1 170 sekä kun ZUNKER saa 1 070, niin KRAUSS saa 1 500 (Katso ZUNKER 8; 1928; 110 ja 112; Abb. 20 ja 21), kuvat 64 ja 65, joten erot ovat varsin huomattavat.

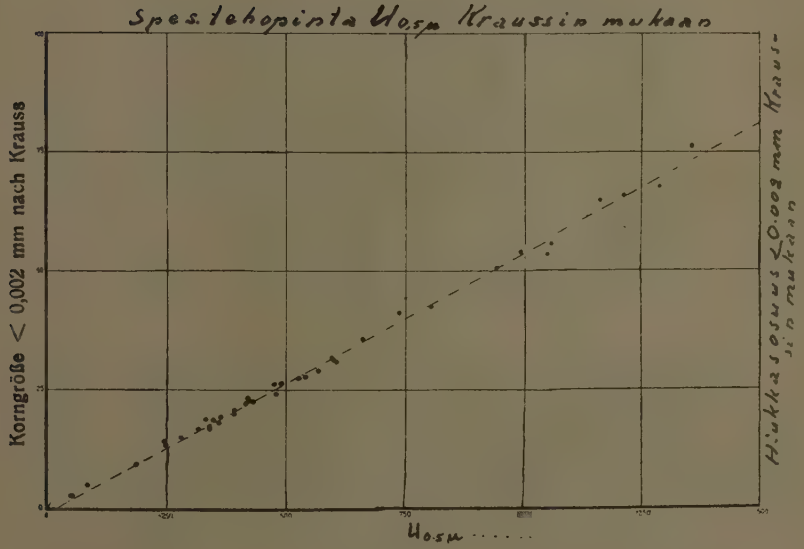


Kuva 63.

Samaten kun ei ZUNKERin eikä KRAUSSin saamia tehopintoja voida pitää identtisinä, ei myöskään allekirjoittaneen saamia tuloksia voida rinnastaa suorastaan kumpaisenkaan heistä esittämiin tuloksiin, koska sekä mekaanisen maa-analyysin suorituksessa että hiukkasryhmän < 0.002 tehopinnan määräyksessä olen käyttänyt heidän menetelmistään poikkeavaa tapaa. Jos rinnastus olisi mahdollista suoraan, olisi tällöin ojaetäisyyksien määräämiseksi tarpeen vain jakaa saamani tehopinta cm^2/gr 22.22:lla (katso edellä sivua 89) ja sovittaa saatu osamäärä ZUNKERin ojaetäisyyskaavoissa U:n tilalle tai kertoa graaf. taulukoissa U:n arvot 22.22, jolloin spes. tehopinta

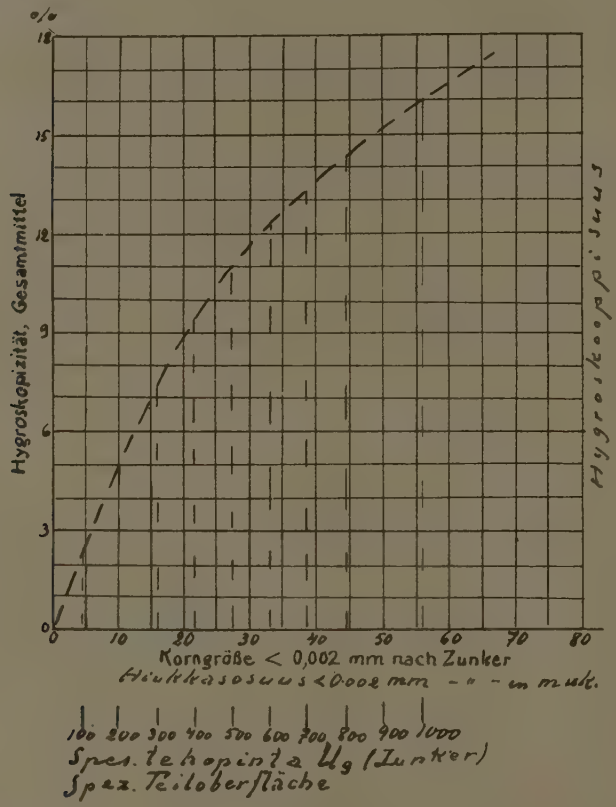


Kuva 64.



Kuva 65.

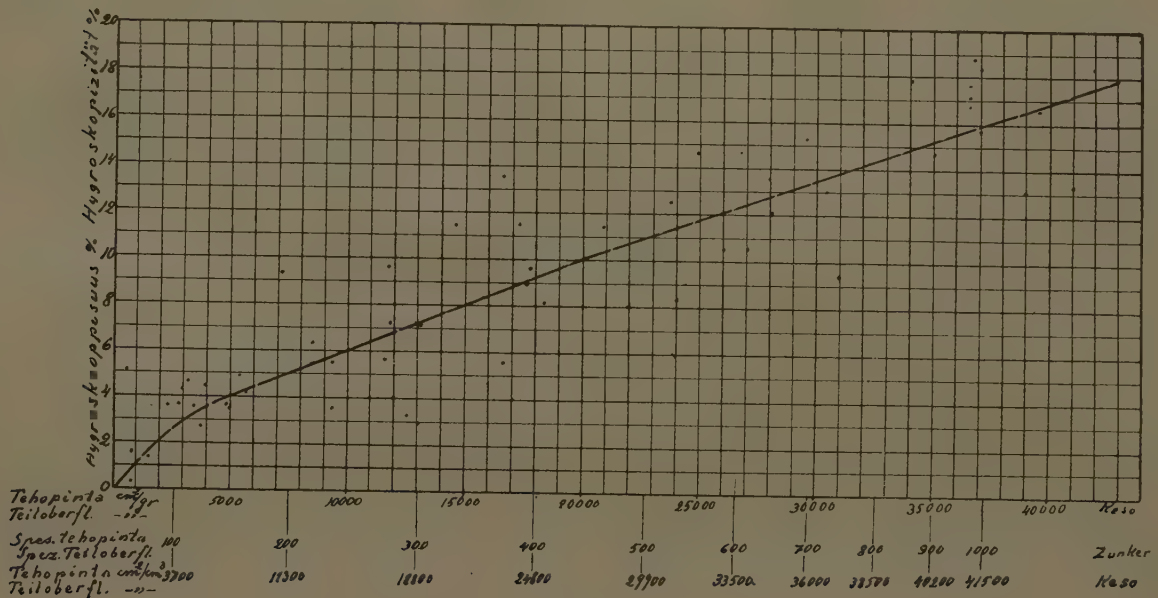
1 000 vastaisi tehopintaa 22 222; 900—19 998, 800—17 776 jne. Kun edellä mainituista syistä tämä ei ole mahdollista, on tarpeellisen yhteyden saavuttamiseksi löydettävä menetelmä korrektion määräämiseksi.



Kuva 66.

Maan hygroskooppisuuden määräyksessä käytetään kaikissa maissa jotenkin tarkoin samaa menetelmää, joten saadut arvot ovat hyvin rinnastettavissa. Tämän vuoksi olenkin käyttänyt hygroskooppisuutta apunani rinnastuksen saavuttamiseksi. ZUNKERin määräämän spes. tehopinnan ja tutkimuksessani määrätyn tehopinnan välillä.

Graaf. piirroksesta (9; 1928; 110; Abb. 20), kuva 64, saadaan ZUNKERin määräämien hiukkasryhmän < 0.002 ja spes. tehopinnan keskeinen suhde.


Hygroskopizität %
Hygroskopposuus %
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Tehopinta cm²/gr
Teiloberfl. -»-
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
40000
Koso
Spes. tehopinta
Spez. Teiloberfl.
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Zunker
Tehopinta cm²/cm³
Teiloberfl. -»-
3700
11300
18800
24600
29700
33500
36000
38500
40200
41500
Koso

Kuva 67.

Mann volyymipaino kg
Volumgewicht des Bodens
Tehdyn maan teilaberpinta
Tehdyttä ennen kuusen taimenen
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200

Graaf. piirroksesta (8; 1928; 125; Abb. 31), kuva 66, taasen saadaan hygroskooppisuuden ja hiukkasryhmän < 0.002 keskeinen suhde määrättyä. Samaan piirrokseen olen edellisen piirroksen avulla lisännyt ryhmän < 0.002 prosenttiosuuksia vastaavat spes. tehopintaluvut. jolloin saadaan tämä ja maan hygroskooppisuuden keskeinen suhde määrättyä.

Graaf. piirroksesta, kuva 67, näkyy tutkimuksieni mukainen hygroskooppisuuden ja tehopinnan cm^2/gr keskeinen suhde, jossa katkoviiva merkitsee likipitäen arvojen keskimääräistä suhdetta.

Vertaamalla piirroksia, kuvat 66 ja 67, saadaan esiin, että ZUNKERin määräyksissä vastaa hygroskooppisuutta 16 % spes. tehopinta 1 000, ja minun määräyksissäni samaa hygroskooppisuutta tehopinta 37 500 cm^2/gr, ZUNKERin hygroskooppisuus 15.2 % spes. tehopintaa 900 ja minun tehopintaa 35 000 cm^2/gr, jne; tällä tavoin otetut toisiaan vastaavat arvot, olen siirtänyt piirrokseen, kuva 67.

Kuten jo olen huomauttanut (siv. 101), ei grammaa kohti määrätty tehopinta oikein karakterisoi sitä vastusta, mikä veden kulkua maassa hidastaa, koska eri maiden tilavuuspainot ovat varsin vaihtelevia, jopa siinä määrin, että samaa painomäärää eri maalajeissa saattaa vastata yli 2 kertaakin suurempi tilavuus.

ZUNKER, joka on pitänyt tämän eroavaisuuden huomioon ottamista tarpeettomana (54; 1921; 599 ja 602), mainitsee (54; 1921; 598) VON LIEBENBERGin mukaan volyymipainon vaihtelevan 1 130—1 667 gr/dm^3.

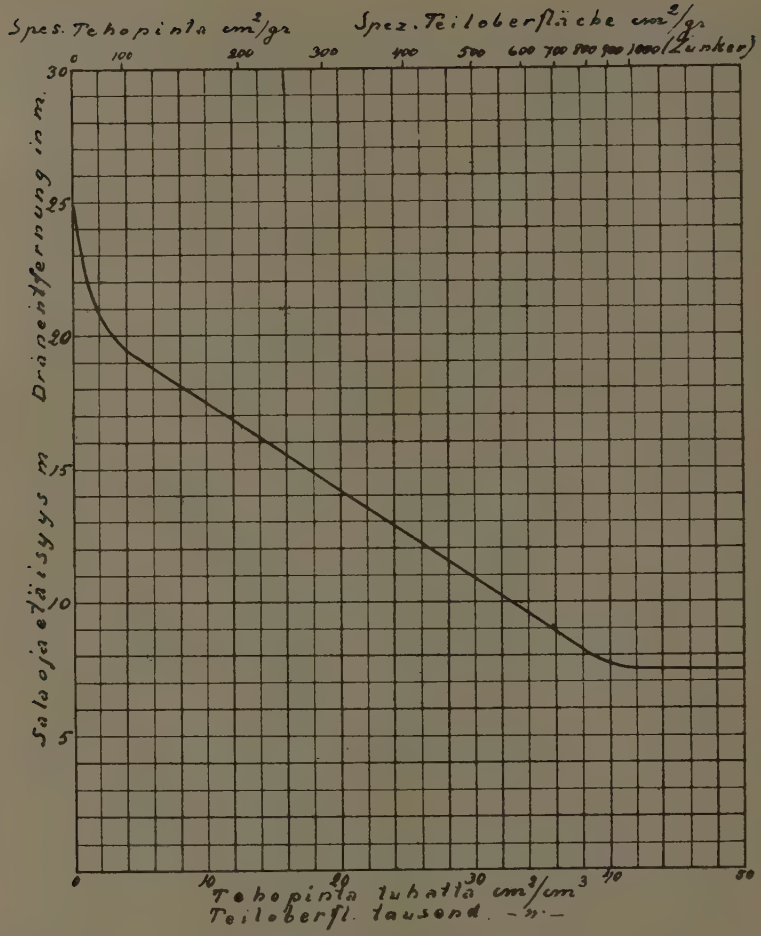
Tehopinnan cm^2/gr muuttaminen cm^2/cm^3 jonkin kaikille maille yhteisen volyymipainojen keskiarvon mukaan ei ole oikea, sillä volyymipainossa on havaittavissa muuttuvaisuutta määrätyssä suhteessa tehopintaan cm^2/gr nähden, kuten graaf. piirroksesta, kuva 68, näkyy; piirroksessa ei ole otettu mukaan ruokamultakerrosta. Tämän mukaan vaihtelee volyymipaino keskimääräisesti 1 000—1 500.

Kertomalla tehopintain arvot cm^2/gr vastaavilla volyymipainoluvuilla saadaan tehopinta cm^2/cm^3. Piirroksen mukaan vastaa täten keskimääräisesti tehopintaa cm^2/gr 45 000 tehopinta 45 000 cm^2/cm^3 ja 40 000—43 000, 35 000—40 200, 30 000—36 600, 25 000—32 200, 20 000—27 200, 15 000—21 400, 10 000—15 000 ja 5 000—7 500.

Täten vastaa ZUNKERin spes. tehopinta 1 000 tehopintaa 41 500 cm^2/cm^3, 900—40 200, 800—38 500, 700—36 000, 600—33 500, 500—29 900, 400—24 800, 300—18 800, 200—11 300 ja 100—3 700.

Tämän mukaisesti on ZUNKERin viimeisimmän ojaetäisyyspiirroksen mukaiset arvot (115; 1926; 371) siirretty graaf. piirrokseen,

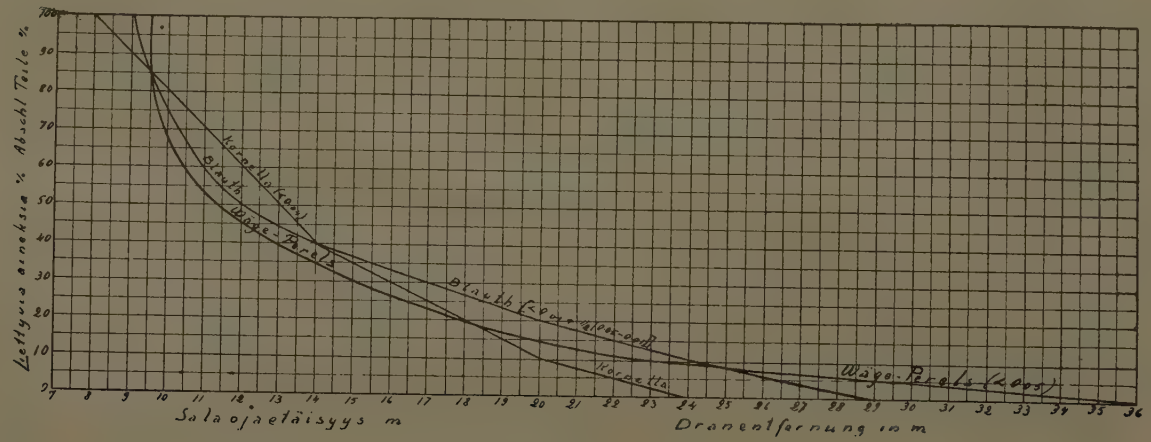
IMPERIAL BUREAU OF
PLANT GENETICS; HERBAGE PLANTS,
AGRICULTURAL BUILDINGS,
ABERYSTWYTH, WALES.



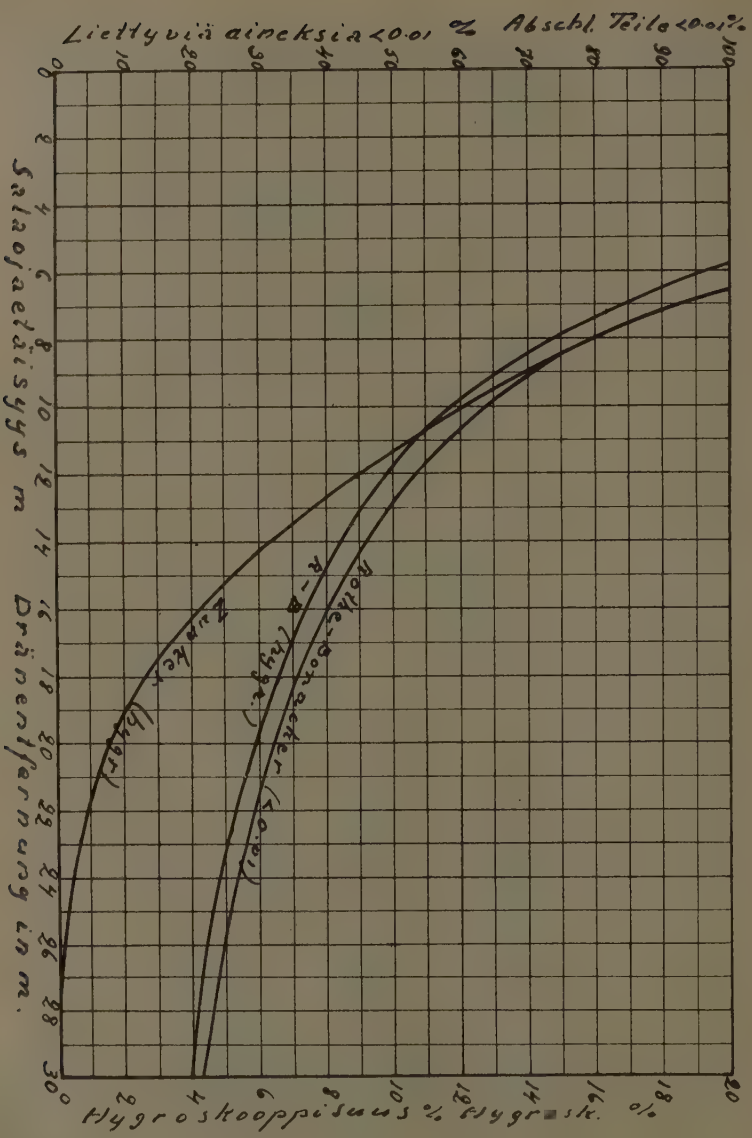
Kuva 69.

kuva 69. Tätä piirrosta olen käyttänyt määrätessäni ojaetäisyydet tehopinnan mukaan ja ovat täten saadut arvot taulukossa XXIV nimityksen ZUNKER (KESO) sarakkeessa 17/18.

Etäisyyksien määräyksissä olen käyttänyt maan ottovolyymipainoa vastaavaa tehopintaa, jonka vuoksi tehopinta jää hieman liian pieneksi salaojittaen kuivattuun maahan nähden.


Lettyvyys eroaksia % Abschl. Teile %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
Salaojaetäisyys m
Drainentfernung in m
Wägo-Perälä (Loos)

Kuva 70.


Liettyviä aineksia <0·01 % Abschl. Teile <0·01 %
Sadaojaetäisyys m Dränenfernung in m.
Hygroskoppisuus % Hygrosk. %
Zinkes (Hagar)
R-B (Hagar)
Rohde-Boncker (Ramser)

Kuva 71.

Näytteiden kalkkipitoisuus on ollut varsin alhainen. Korkein CaO-määrä on ollut kivennäismaissa näytteessä 10 V VI, jossa se on 1.33 % eli siis $CaCO_3 = \frac{1.33 \times 100}{56} = 2.37$ %; tämän vuoksi en ole pitänyt tarpeellisena ottaa kalkin vaikutusta ojaetäisyyksiin ensinkään huomioon.

Rautapitoisuus sen sijaan on useissa näytteissä varsin korkea. Sen vaikutuksen ojaetäisyyteen olen laskenut kaikissa niissäkin tapauksissa JANOTAN esityksen mukaisesti, joissa esittäjä on huomauttanut tarpeelliseksi ottaa huomioon myöskin rautapitoisuuden, mutta ei ole määrännyt tarkemmin millä tavoin. Täten olen menetellyt JANOTA—KOPÉCKY-, CANZ—FAUSER-, SCHILDKNECHT- ja ROTHE- (liett. ain.) menetelmissä.

Milloin tutkija on esittänyt tälle korrektiolle maksimirajan (2.0), en ole sitä kuitenkaan ylittänyt. Kun en ole suorittanut kemiallisia määräyksiä kaikkiin näytteisiin nähden, niin olen menetellyt tällöin siten, että olen käyttänyt samoja arvoja, kuin samalla maalajilla on ollut jossakin toisessa tutkimassani näytteessä.

Edelleen olen laskelmissani edellyttänyt,

1) että kysymyksessä on peltoviljelyksen kuivatus, jossa käytetään tavallista muokkausta ja kiertoa,

2) että salaojasyvyys on 1.25 m,

3) että maaston viettävyys on 0.30—0.40 %,

4) että salaojitettavaan maahan tulevat vedet joko sateena tai kapillaarisesti taikka vesihöyrynä pohjavedestä ja ilmasta, joten alueella ei siis esiinny ylöspäin suuntautuvaa pohjaveden painetta eikä liioin maasta voi poistua vettä pohjakerroksiin,

5) että salaojitus on toteutettu tarkoitustaan vastaavasti.

Eri menetelmien mukaiset ojaetäisyydet tutkituissa maalajeissa näkyvät taulukosta XXIV. Etäisyyksien määräämisessä olen käyttänyt apuna paitsi jo edellä esitettyjä graaf. tauluja, myöskin graaf. piirroksia, kuvat 70 ja 71.

Kun KOPÉCKYN esitysten mukaiset etäisyydet poikkesivat aivan mitättömän vähän JANOTAN graafikonin mukaisista etäisyyksistä, nim. vain + 0.20—(— 0.20) m, paitsi näytteitä 3, 4 ja 26 vastaavissa maissa, joissa etäisyys oli 0.5—0.6 m leveämpi JANOTAN esityksen mukaan, en ole pitänyt tarpeellisena näitä molempia ottaa mukaan taulukkoon, vaan olen etäisyydet maininnut vain JANOTAN täsmällisesti määritellyn graafikonin mukaan.

Taulukko XXIV.

Näytteen Probe	Liettyvien saviainesten %-osuuteen perustuvat menetelmät. Nach den abschlämmbaren oder tonigen Teilen													
	Nach Wäge—Perels'in mukaan		Nach Kopécky—Janota'n mukaan		Nach Kornella'n mukaan		Nach Gerhardt'in mukaan		Nach Blauth'in mukaan		Nach Canz—Fauser'in mukaan		Nach Schildknecht'in mukaan	
	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart
n:o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1_{I}	17.1		16.5		18.3		26.8		22.4		23.0		26.3	
1_{II}	17.3		17.0		18.4		27.5		22.8		23.4		26.6	
1_{III}	18.2	18.6	17.5	17.7	18.9	19.1	28.0	28.0	23.4	23.5	24.0	24.2	27.0	27.2
1_{IV}	19.1		17.8		19.3		28.1		24.1		24.5		27.1	
1_{V}	18.5		17.5		19.3		28.0		23.7		24.2		27.0	
1_{VI}	21.5		20.0		20.5		29.4		25.8		26.6		29.1	
2_{I}	12.6		13.7		14.4		21.5		17.3		16.0		22.6	
2_{II}	14.5		15.3		16.3		23.8		19.6		18.8		24.5	
2_{III}	16.0	16.4	16.4	16.4	17.6	17.5	25.6	25.7	21.3	21.4	21.5	21.4	25.5	25.6
2_{IV}	19.0		18.5		19.5		28.7		24.2		25.0		28.0	
2_{V}	17.9		17.2		18.1		26.7		22.2		22.6		26.0	
2_{VI}	18.4		17.5		18.9		27.8		23.5		24.0		27.1	
3_{I}	17.1		18.3		17.8		24.5		21.7		22.4		27.0	
3_{II}	31.5		21.5		22.8		29.5		27.7		27.5		29.6	
3_{III}	20.4	18.0	18.5	16.1	19.7	16.5	28.2	22.3	24.8	19.9	24.4	19.8	27.2	23.1
3_{IV}	19.5		20.0		19.3		27.5		24.0		25.4		28.5	
3_{V}	9.6		9.1		9.6		12.0		10.5		9.4		13.3	
3_{VI}	9.6		9.1		9.5		11.9		10.4		9.4		13.1	
4_{I}	16.4		15.7		17.5		24.7		21.3		20.4		26.9	
4_{II}	18.2		19.1		18.7		25.8		22.8		23.8		27.7	
4_{III}	18.4	15.5	16.7	15.1	18.7	16.0	25.8	21.9	22.9	18.9	21.8	18.7	25.7	23.5
4_{IV}	20.2		17.3		19.5		26.4		24.0		22.5		26.0	
4_{V}	9.8		11.0		10.9		14.4		11.3		12.1		17.1	
4_{VI}	9.7		11.0		10.7		14.4		11.2		12.3		17.3	
5_{I}	21.5		18.1		19.9		27.5		25.1		23.4		26.8	
5_{II}	32.0		20.5		22.8		29.3		27.9		26.6		29.0	
5_{III}	20.2	17.2	17.5	14.0	19.5	15.7	27.0	20.1	24.1		23.4		26.3	
5_{IV}	9.8		8.9		10.8		11.8		10.7	18.3	9.2	17.1	12.9	21.0
5_{V}	9.7		9.5		10.5		11.6		10.9		9.9		14.2	
5_{VI}	9.7		9.7		10.6		13.3		11.0		10.1		16.7	
6_{I}	9.7		11.0		10.4		14.2		11.1		12.1		17.1	
6_{II}	10.5		11.7		12.3		17.5		13.4		12.7		19.5	
6_{III}	11.0	13.8	12.3	16.1	12.9	14.8	18.6	22.4	14.4	18.0	13.4	19.4	20.2	23.9
6_{IV}	13.7		18.5		16.8		25.1		20.3		23.0		27.3	
6_{V}	18.9		21.5		18.2		29.6		24.4		27.5		29.5	
6_{VI}	18.9		21.5		18.2		29.6		24.4		27.5		29.5	
7_{I}	12.2		13.2		14.0		20.6		16.7		15.0		21.7	
7_{II}	11.2		12.5		13.3		19.2		15.1		13.8		20.8	
7_{III}	10.9	10.9	11.9	12.2	12.9	12.7	17.9	17.6	14.1	14.0	13.0	13.7	19.7	20.3
7_{IV}	10.6		12.2		12.5		17.0		13.5		14.8		21.3	
7_{V}	10.0		11.5		11.4		15.1		11.9		12.7		18.4	
7_{VI}	10.3		11.7		12.0		15.8		12.7		13.4		19.6	

Tabelle XXIV.

Nach Rothe-Bonacker'in mukaan		Tehopinta Spec. Oberfläche		Hygroskooppisuusmenetelmät Nach Hygroskopizität						Läpäisykoemenetelmät Nach Durchlässigkeit			
		Nach Zunker'in (Keso) mukaan		Nach Breitenbach'in mukaan		Nach Zunker'in mukaan		Nach Rothe—Bonacker'in mukaan		Nach Colding'in (Keso) mukaan		Nach Colding'in (ruots. schwedisch) mukaan	
osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart	osanäyte Teilprobe	maalaji Bodenart
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
118		22.3								32.9		13.4	
149		22.3		26.0		19.7		69.6		27.8			
180	239	22.3	22.5		28.0		21.7		157	27.3	28.5	16.5	16
198		22.4								29.4			
186		22.2		30.0		23.6		244		22.2			
605		23.5								31.4			
37.5		20.3		19.3		16.3		32.0		78.7		28.0	
57.8		20.5								27.8			
84.0	123	20.7	21.2	27.0		20.3	20.6	84.8	244	30.7	38.3		22
285.0		22.7								42.5		18.6	
111.0		21.2		30.0	27.2	21.2		20.5		22.0			
162.0		22.0		30.0		24.4		31.6		28.3			
70		21.6		20.2		18.7		53.6				14.3	
700		24.4		38.0		29.0		615.0					
197		22.3		28.0		21.0		99.0					
150	190	21.4	19.8	33.0	25.2	22.4	20.1	154.0	161			15.7	15.5
10.8		14.6		17.4		15.6		25.3					
10.6		14.5		14.6		13.9		18.1					
70		21.1		20.1		17.3		37.6				12.0	
91		20.8		30.0		21.3		114.0					
90	64.4	20.6		27.6		20.4		86.0					
106		20.8	19.4	28.0	24.7	20.6	19.1	92.2	68.8			11.3	11.4
14.8		16.7		18.9		16.4		29.9					
14.8		16.6		23.4		18.7		53.2					
150		22.8								60.1		13.9	
538		24.4		16.2		15.0		22.4		73.6			
125		22.8								65.8			
10.4	141	8.6	18.3	9.8	14.3	10.1	13.6	10.6	18.4		51.3	11.7	12.1
12.2		15.3								8.1			
12.9		15.6		13.8		13.2		16.2		55.6			
										44.4			
14.5		18.4		18.2		16.1		28.4		12.4		8.7	
20.2		19.2		25.0		19.4		64.3		4.3			
25.2		19.2								34.7			
79.5	279	20.8	20.5		26.4		20.7		215	26.9	24.0	6.5	6.9
768		22.8		30.0		23.0		37.7		32.9			
768		22.8								32.9			
32.1		19.7		18.0		15.9		26.8				12.6	
26.8		19.4		22.0		17.9		43.2					
23.4		19.2											
21.4	23.0	19.0	19.2	19.3	20.0	16.6	17.0	31.9	35.0			12.7	12.7
16.4		18.8											
18.2		18.9		19.5		16.8		33.0					

n:o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8_{I}	11.3		12.4		13.3		19.0		15.1		13.7		20.5	
8_{II}	11.3		12.5		13.3		19.2		15.2		13.9		21.0	
8_{III}	11.0	10.8	12.3	12.1	13.0	12.6	18.4	17.4	14.6	13.9	13.2	13.6	20.2	20.3
8_{IV}	10.4		12.1		12.1		16.4		13.0		14.2		20.5	
8_{V}	10.4		12.0		12.1		16.0		12.9		13.8		20.1	
8_{VI}	10.3		11.7		11.8		15.6		12.3		13.2		19.2	
9_{I}	11.0		12.4		12.9		18.8		14.6		13.6		20.4	
9_{II}	11.0		12.3		12.9		18.6		14.5		13.4		20.3	
9_{III}	10.8	10.6	12.1	11.5	12.8	12.3	18.2	16.9	14.0	13.3	13.1	12.4	19.9	18.6
9_{IV}	10.5		11.4		12.3		16.5		13.2		12.2		18.5	
9_{V}	10.2		10.7		11.8		15.1		12.2		11.2		16.9	
9_{VI}	9.9		10.2		11.2		14.3		11.5		10.7		15.7	
10_{I}	10.9		11.9		12.7		17.5		13.9		12.6		19.5	
10_{II}	10.1		10.5		11.4		14.5		11.7		11.0		16.2	
10_{III}	9.6	9.9	9.7	9.8	10.3	10.2	13.3	13.4	11.0	11.2	10.2	10.2	14.7	14.6
10_{IV}	9.5		8.9		9.1		11.8		10.2		9.2		12.5	
10_{V}	9.5		8.8		9.0		11.7		10.4		9.1		12.3	
10_{V_3}	9.5		8.9		8.7		11.8		10.1		9.2		12.5	
11_{I}	10.4		11.8		12.1		16.0		12.9		14.0		20.4	
11_{II}	9.8		10.1		10.9		14.1		11.3		10.6		15.6	
11_{III}	9.6	9.7	9.4	9.8	9.7	10.0	12.8	13.1	10.6	11.0	9.8	10.4	14.0	14.8
11_{IV}	9.5		9.1		9.2		11.9		10.4		9.4		13.1	
11_{V}	9.5		8.9		9.0		11.7		10.2		9.2		12.5	
11_{VI}	9.5		9.1		9.0		11.9		10.3		9.4		13.0	
12_{I}	10.0		11.5		11.2		15.1		11.8		12.9		18.5	
12_{II}	10.1		11.5		11.6		15.2		12.1		12.7		18.3	
12_{III}	9.8	9.8	10.1	10.0	10.9	10.6	14.0	13.3	11.2	11.1	10.6	10.7	15.5	15.1
12_{IV}	9.6		9.2		10.2		12.3		10.7		9.5		13.5	
12_{V}	9.6		8.9		10.0		11.8		10.5		9.2		12.6	
12_{VI}	9.5		8.7		9.7		11.6		10.4		9.1		12.2	
13_{I}	10.5		10.8		12.3		15.3		12.8		11.4		17.2	
13_{II}	9.7		9.2		10.4		12.3		10.8		9.5		13.5	
13_{III}	9.6	9.8	9.3	9.4	10.6	10.6	12.5	12.6	10.7	11.0	9.6	9.7	13.7	13.8
13_{IV}	9.6		9.0		9.8		11.9		10.5		9.3		13.0	
13_{V}	9.6		8.7		10.1		11.6		10.4		9.1		12.2	
13_{VI}	9.6		9.1		9.8		12.1		10.5		9.4		13.3	
14_{I}	10.1		10.7		11.6		15.3		12.0		11.2		16.9	
14_{II}	9.8		10.1		11.0		13.9		11.3		10.5		15.4	
14_{III}	9.7	9.8	9.7	9.7	10.7	10.6	13.3	13.4	11.0	11.1	10.0	10.1	14.6	14.6
14_{IV}	9.6		9.3		10.0		12.6		10.7		9.6		13.8	
14_{V}	9.8		9.9		10.8		13.6		11.1		10.4		15.1	
14_{VI}	9.5		8.6		9.3		11.5		10.2		8.9		11.8	
15_{I}	10.7		11.3		12.5		15.9		13.2		11.8		18.1	
15_{II}	9.8		9.2		11.0		12.3		10.9		9.5		13.6	
15_{III}	9.7	9.9	9.1	9.6	10.5	11.2	12.0	12.9	10.7	11.3	9.4	9.9	13.2	14.3
15_{IV}	9.7		9.3		10.8		12.5		10.9		9.6		13.7	
15_{V}	9.8		9.3		11.2		12.6		11.0		9.6		13.7	
15_{VI}	9.8		9.1		11.0		12.1		10.9		9.4		13.2	
16_{I}	10.3		10.2		11.9		14.2		11.3		10.6		15.6	
16_{II}	9.6		8.3		9.8		11.1		10.2		8.6		11.0	
16_{III}	9.6	9.7	8.2	8.6	10.0	10.2	11.0	11.6	10.2	10.4	8.5	8.9	10.7	11.7
16_{IV}	9.6		8.2		9.6		11.0		10.1		8.5		10.7	
16_{V}	9.6		8.4		10.0		11.3		10.3		8.7		11.3	
16_{VI}	9.6		8.3		9.8		11.1		10.2		8.6		11.0	

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
26.2		19.8										19.3	
27.2		19.9											
24.5	22.4	19.3	19.4										13.8
19.9		19.2										(12.7)	
19.1		19.0											
17.6		19.0											
25.4		20.0		17.0		15.5		24.8		104.1		10.1	
25.3		19.5								46.5			
24.0	20.9	19.5	18.6	17.5	18.0	15.8	16.0	26.4	28.1	26.0	35.4		8.6
20.0		19.2								13.3		8.3	
16.3		17.1		19.6		16.8		33.0		18.3			
14.5		15.5								4.3			
22.5		18.9		15.2		15.2		23.6				29.2	
15.2		15.8		19.5		16.8		33.4					
12.9	13.5	15.6	15.3	20.0	19.5	17.1	16.9	35.8	34.6				
10.2		13.7											
9.9		13.3		21.0		17.5		39.5					
10.0		14.4											
19.5		18.6										14.2	
14.2		16.1											
11.9	12.8	15.2	15.4										13.4
10.6		14.2										13.2	
10.0		13.7											
10.4		14.5											
16.4		17.8								34.7		16.9	
16.7		17.0								17.6			
13.9	13.1	15.4	14.8							8.3	13.3		7.0
11.4		13.5								4.5		5.0	
10.2		12.8								9.2			
9.8		12.5								5.5			
17.0		16.4		15.9		14.6		20.9		85.0		6.8	
11.2		13.8								42.5			
11.6	11.8	14.8	14.3	14.0	14.0	13.4	13.4	16.6	16.7	12.3	28.3		6.0
10.5		13.9								19.5		5.8	
9.7		12.8		12.3		12.0		13.1		3.3			
10.9		14.6		14.0		13.4		16.6		7.4			
16.2		17.9		14.7		14.0		18.6		30.0			
13.8		16.4								49.0			
12.7	12.8	16.0	16.0	15.6	15.5	14.5	14.5	20.3	20.2	0.0	18.2		
11.6		15.6								25.6			
13.2		16.1								0.0			
9.3		13.8		15.9		14.7		21.1		4.6			
18.8		17.1		11.7		11.5		12.2		85.0		14.7	
11.3		9.7								32.1			
10.8	12.5	9.7	11.8	12.8	12.0	12.6	11.9	14.4	13.0	28.9	39.4		7.5
11.5		10.8								26.9		6.0	
11.6		11.6		11.0		11.0		11.2		34.7			
11.0		11.7								28.9			
14.4		13.8								69.4		13.9	
8.6		7.5								2.2			
8.3	9.5	7.5	9.2							24.9	18.7		7.3
8.3		7.9								6.9		(6.0)	
8.9		8.7								4.3			
8.5		9.5								4.3			

n:o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17_{I}	9.7		9.6		10.5		13.2		10.9		9.9		14.4	
17_{II}	9.9		9.7		11.1		13.3		11.1		10.0		14.4	
17_{III}	9.6	9.6	8.6	8.7	10.2	10.0	11.5	11.8	10.4	10.4	9.0	9.0	11.8	11.9
17_{IV}	9.5		8.1		9.2		10.9		9.9		8.4		10.3	
17_{V}	9.5		8.0		9.5		10.8		10.0		8.3		10.2	
17_{VI}	9.6		8.0		9.7		10.8		10.1		8.3		10.2	
18_{I}	10.1		10.2		11.6		14.0		11.6		10.6		15.8	
18_{II}	9.6		8.9		10.3		11.8		10.6		9.2		12.5	
18_{III}	9.6	9.7	8.3	8.5	9.7	10.0	11.1	11.5	10.1	10.4	8.6	8.9	10.8	11.5
18_{IV}	9.5		7.8		9.4		10.5		9.9		8.1		9.6	
18_{V}	9.6		8.0		9.6		10.9		10.1		8.3		10.2	
18_{VI}	9.6		8.0		9.5		10.8		10.0		8.3		10.2	
19_{I}	9.9		9.7		11.2		13.2		11.2		10.1		14.5	
19_{II}	9.8		9.0		10.7		11.8		10.7		9.3		12.7	
19_{III}	9.6	9.7	8.3	8.6	10.0	10.1	11.1	11.5	10.2	10.4	8.6	8.9	10.8	11.6
19_{IV}	9.5		8.0		9.4		10.7		9.9		8.3		9.9	
19_{V}	9.6		8.1		9.7		10.9		10.1		8.4		10.5	
19_{VI}	9.6		8.3		9.6		11.1		10.2		8.6		11.0	
20_{I}	10.4		10.4		12.1		14.6		12.2		11.0		16.2	
20_{II}	9.9		9.2		11.0		12.4		11.0		10.5		13.6	
20_{III}	9.7	9.8	8.3	8.7	10.4	10.5	11.2	11.8	10.4	10.6	8.7	9.2	11.1	11.8
20_{IV}	9.6		8.1		10.0		10.9		10.2		8.4		10.3	
20_{V}	9.6		8.0		9.6		10.7		10.0		8.3		9.8	
20_{VI}	9.6		8.0		9.7		10.7		10.0		8.3		9.8	
21_{I}	11.0		11.3		13.0		15.8		13.5		11.8		17.7	
21_{II}	9.7		8.8		10.6		11.6		10.6		9.1		12.2	
21_{III}	9.6	9.8	8.4	8.7	10.2	10.4	11.3	11.7	10.4	10.7	8.7	9.0	11.4	11.6
21_{IV}	9.6		7.9		9.7		10.6		9.9		8.3		9.7	
21_{V}	9.5		7.7		9.4		10.3		9.8		8.0		9.1	
21_{VI}	9.6		7.8		9.5		10.5		9.9		8.2		9.6	
22_{I}	12.1		12.1		13.7		18.2		15.6		13.2		21.5	
22_{II}	9.6		8.7		10.3		11.5		10.4		9.0		11.9	
22_{III}	9.6	10.1	8.8	9.5	10.3	11.1	11.6	13.0	10.5	11.6	9.1	10.0	12.2	14.2
22_{IV}	9.7		9.1		10.7		12.0		11.1		9.4		13.3	
22_{V}	9.7		8.9		10.4		11.7		10.6		9.2		12.5	
22_{IV}														
23_{I}	11.3		11.8		13.2		17.3		14.5		12.5		19.3	
23_{II}	9.9		9.2		11.1		12.3		11.0		9.5		13.5	
23_{III}	9.6	10.1	8.8	9.7	10.3	11.3	11.6	13.2	10.5	11.5	9.1	10.1	12.1	14.4
23_{IV}	9.8		9.1		10.8		11.9		10.8		9.4		13.1	
23_{V}	9.8		9.2		10.8		12.2		10.9		9.5		13.3	
23_{VI}	10.0		10.0		11.4		13.8		11.4		10.4		15.2	
24_{I}	10.6		10.8		12.4		15.3		12.8		11.4		17.2	
24_{II}	10.5		10.5		12.3		14.8		12.5		11.0		16.6	
24_{III}	9.6	10.0	8.5	9.5	10.2	11.1	11.4	13.0	10.4	11.3	8.8	9.9	11.7	14.2
24_{IV}	9.8		9.3		11.0		12.4		10.9		9.6		13.6	
24_{V}	9.6		8.7		10.2		11.6		10.5		9.1		12.2	
24_{VI}	9.7		9.3		10.6		12.5		10.8		9.6		13.6	
25_{I}	13.0		13.8		14.6		21.5		17.6		16.0		22.6	
52_{II}	11.1		13.0		13.7		20.2		16.1		14.8		21.5	
25_{III}	10.3	10.8	11.5	11.6	11.9	12.5	15.3	16.9	12.3	13.7	12.6	12.8	20.2	18.8
25_{IV}	10.6		12.3		12.6		18.9		13.8		13.6		20.5	
25_{V}	9.9		9.1		11.1		12.0		10.9		9.4		13.1	
25_{VI}	9.9		10.0		11.2		13.6		11.3		10.4		15.1	

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
12.6 12.7 9.2 8.1 8.0 8.0	9.8	15.5 11.9 7.8 7.5 7.5 7.5	9.6	12.9 9.2 7.8	9.7	12.6 9.5 8.1	9.8	14.4 9.0 7.5	10.1				
14.4 10.1 8.5 7.5 8.0 8.0	9.4	14.0 10.1 7.6 7.5 8.6 7.9	9.3	11.8 8.4 6.7 6.4	7.7	11.5 8.7 7.0 6.8	8.0	13.4 8.0 6.4 6.1	7.7			31.2 (3.5)	8.1
12.5 10.2 8.6 9.0 8.2 8.6	9.4	13.7 9.7 7.6 7.5 7.5 8.5	9.1	10.3 9.0 7.1 6.8	7.9	10.4 9.2 7.5 7.2	8.1	10.3 8.7 6.8 6.6	7.6			44.4 (3.5)	
15.2 11.4 8.7 8.2 8.0 8.0	9.9	15.0 11.3 7.9 7.5 7.5 7.5	9.5	10.3 8.4 6.9 7.4	7.9	10.3 8.7 7.2 7.7	8.1	10.2 8.0 6.6 7.1	7.6			20.5 (3.5)	
18.1 9.7 9.0 7.8 7.3 7.6	9.9	15.6 8.9 7.5 7.5 7.5 7.5	9.1	10.3 9.1 7.3 6.6	7.9	10.3 8.3 7.6 7.0	8.0	10.2 7.7 7.0 6.3	7.4			17.7 (3.5)	
24.2 9.4 9.6 10.8 10.1	12.8	16.1 7.5 8.5 10.6 10.2	10.6							49.0 73.6 78.7 11.3 104.1	63.3		
22.2 11.3 9.5 10.7 11.1 13.5	13.1	16.5 9.1 8.5 11.2 12.7 15.6	12.3	9.0 9.1 8.3	8.8	9.2 9.3 8.6	9.1	8.7 8.8 8.0	8.5			47.0 34.0	
16.9 15.8 9.2 11.4 9.6 11.5	12.4	14.0 12.8 7.5 10.2 11.4 14.0	11.7	9.5 9.2 9.1	9.2	9.8 9.4 9.3	9.4	9.3 9.0 8.9	9.0			65.8 29.4	35.5
37.5 30.8 16.9 26.0 10.7 13.4	22.6	19.6 19.4 16.8 17.1 10.8 13.8	16.3	12.0 11.0 11.8	11.5	11.8 11.0 11.6	11.4	12.7 11.1 12.4	11.8	33.8 32.9 52.0 8.1 22.0 0.0	24.8	21.7 19.7	20

n:o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
26_{I}	10.8		12.3		12.7		17.3		14.2		13.4		20.2	
26_{II}	11.6		12.6		13.5		17.7		15.5		14.0		20.9	
26_{III}	10.4	10.4	11.9	11.6	12.1	12.0	15.8	15.3	12.8	12.8	13.3	12.4	19.5	18.3
26_{IV}	10.1		11.2		11.5		14.7		11.8		11.5		17.0	
26_{V}	9.8		10.2		10.9		13.0		11.0		10.4		14.8	
26_{VI}	9.8		10.7		11.0		13.5		11.2		11.6		17.3	
27_{I}														
27_{II}														
27_{III}														
27_{IV}														
27_{V}														
27_{VI}														
28_{I}														
28_{II}														
28_{III}														
28_{IV}														
28_{V}														
28_{VI}														
29_{I}														
29_{II}														
29_{III}														
29_{IV}														
29_{V}														
29_{VI}														

Seuraavasta taulukosta XXV näkyvät liettyvien aineksien prosenttiosuuteen, tehopintaan, hygroskooppisuuteen ja läpäisykokeeseen perustuvien menetelmien mukaan saadut minimi- ja maksimietäisyydet sekä näiden etäisyyksien esittäjien sarakenumerot edellisessä taulukossa. ROTHEN esityksen mukaiset etäisyydet on otettu taulukossa huomioon vain, mikäli maalajin liettyvien aineksien määrä on likipitäen 30—70 % välillä ja hygroskooppisuus 6—12 % väliltä.

Taulukossa XXV on myöskin Suomen Salaojitusyhdistyksen k. o. maalajeissa nykyään käyttämä ojaetäisyys mainittuna.

Kuten edellä olevista taulukoista XXIV ja XXV näkyy, vastaa eri maalajeissa Suomen Salaojitusyhdistyksen käyttämiä etäisyyksiä liettyvien aineksien prosenttiosuuteen perustuvissa menetelmissä hiekkahietamaa-näytteissä 1—6 parhaiten BLAUTHin ja CANZ—FAUSERin menetelmät, savihiesumaa-näytteissä 7—9 parhaiten SCHILDKNECHTin ja GERHARDTin sekä tiiviissä hiesusavimaa-näytteissä 10—15 parhaiten GERHARDTin ja sitä lähinnä SCHILDKNECHTin menetelmät.

Volyymiyksikköä kohti määrättyyn tehopintaan perustuva ojaetäisyysmääräys antaa erinomaisesti vastaavia arvoja näytteissä 1—

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
25.2										85.0			
27.4										34.7			
18.3										0.0	20.0		
14.2	18.4												
12.3										0.0			
13.1										0.0			
										23.3			
										4.5			
										2.7	5.1	23.2	
										0.0			
										0.0			
										0.0			
										156.0		14.8	
										55.7			
										18.3	43.6	25.5	23.7
										17.7			
										10.7			
										2.9			
												11.8	
													10.0
												9.7	

9; vielä näytteissä 10—15 ovat etäisyydet verraten sattuvat ollen sentään jo n. 1—1.5 m liian leveitä.

Hygroskooppisuuteen perustuvat menetelmät antavat paljon horjuvampia arvoja. ZUNKERin esittämä kaavakin, jonka mukaan saadaan yleensä kapeimmat ja parhaiten vastaavat arvot, antaa näytteissä 5, 7 ja 8 kokonaista 3—4 m kapeamman välin ja näytteissä 10 (ja 11) 3 m leveämmän välin.

Läpäisykokeisiin perustuvat menetelmät antavat kokonaisuudessaan aivan hajanaisia tuloksia.

Eri päämenetelmistä antaa hiekkahieta-, savihiesu- ja tiiviissä hiesusavimaissa 1—15 Salaojitusyhdistyksen käyttämiä etäisyyksiä parhaiten vastaavat tulokset volyymiyksikköä kohti määrätty tehopinta.

Mitä sitten tulee lihava savimaa-, urpasavimaa- ja saviliejumaanäytteisiin 16—26 antavat kaikki menetelmät niissä useita metrejä Salaojitusyhdistyksen käyttämiä etäisyyksiä kapeamman välin. Niinpä lihavissa savimaissa 16—21 antavat liettyvien aineksien prosenttiosuuteen perustuvat menetelmät n. 3—6.5 m, tehopintamenetelmä n. 5.5 m ja hygroskooppisuusmenetelmät n. 5—7.5 m kapeammat välit.

Taulukko XXV. **Tabelle XXV.**

Näyte Probe	Liettyvien aineksien mukaan Nach den abschl. Teilen				Teho pinnan mukaan Nach spez. Teiloberfläche	Hygroskooppisuuden mukaan — Nach der Hygroskopizität				Läpäisykokeen mukaan Nach der Durchlässigkeit				Salaojayhdistyksen etäisyys Nach Finn. Dranierungsverein
	minimi leveys		maksimi leveys			minimi leveys		maksimi leveys		minimi leveys		maksimi leveys		
	Min.	Breite	Max.	Breite		Min.	Breite	Max.	Breite	Min.	Breite	Max.	Breite	
		Esittäjän sarake taulukossa — Kolonne des Aufstellers in Tabelle		Esittäjän sarake taulukossa — Kolonne des Aufstellers in Tabelle			Esittäjän sarake taulukossa — Kolonne des Aufstellers in Tabelle		Esittäjän sarake taulukossa — Kolonne des Aufstellers in Tabelle		Esittäjän sarake taulukossa — Kolonne des Aufstellers in Tabelle		Esittäjän sarake taulukossa — Kolonne des Aufstellers in Tabelle	
N:o	m	XXIV	m	XXIV	m	m	XXIV	m	XXIV	m	XXIV	m	XXIV	m
1	17.7	3	28.0	7	22.5	21.7	21	28.0	19	16.0	27	28.5	25	25
2	16.4	1, 3	25.7	7	21.2	20.6	21	27.2	19	20.2	27	38.3	25	22
3	15.5	3	23.1	13	19.8	20.1	21	25.2	19	15.5	27	—		20
4	15.1	3	23.5	13	19.4	19.1	21	24.7	19	11.4	27	—		20
5	14.0	3	21.0	13	18.3	13.6	21	14.3	19	12.1	27	51.3	25	18
6	13.8	1	23.9	13	20.5	20.7	21	26.4	19	6.9	27	24.0	25	20
7	10.9	1	23.0	15	19.2	17.0	21	35.0	23	12.7	27	—		20
8	10.8	1	22.4	15	19.4	—		—		13.8	27	—		20
9	10.6	1	20.9	15	18.6	16.0	21	28.1	23	8.6	27	35.4	25	17
10	9.8	3	14.6	13	15.3	16.9	21	34.6	23	—		—		14
11	9.7	1	14.8	13	15.4	—		—		13.4	27	—		14
12	9.8	1	15.1	13	14.8	—		—		7.0	27	13.3	25	14
13	9.4	3	13.8	13	14.3	13.4	21	16.7	23	6.0	27	28.3	25	14
14	9.7	3	14.6	13	16.0	14.5	21	20.2	23	—		18.2	25	13
15	9.6	3	14.3	13	11.8	11.9	21	13.0	23	7.5	27	39.4	25	13
16	8.6	3	11.7	13	9.2	—		—		7.3	27	18.7	25	15
17	8.7	3	11.9	13	9.6	9.7	19	10.1	23	—		—		15
18	8.5	3	11.5	7, 13	9.3	7.7	19,23	8.0	21	8.1	27	—		15
19	8.6	3	11.6	13	9.1	7.6	23	8.1	21	10.3	27	—		15
20	8.7	3	11.8	7, 13	9.5	7.6	23	8.1	21	6.3	27	—		15
21	8.7	3	11.7	7	9.1	7.4	23	8.0	21	5.9	27	—		15
22	9.5	3	14.2	13	10.6	—		—		—		63.3	25	30
23	9.7	3	14.4	13	12.3	8.5	23	9.1	21	36.0	27	—		30
24	9.5	3	14.2	13	11.7	9.0	23	9.4	21	35.5	27	—		30
25	10.8	1	22.6	15	16.3	11.4	21	11.8	23	20.0	27	24.8	25	30
26	10.4	1	18.4	15	—	—		—		20.0	25			30
27										5.1	25	23.2	27	30
28										23.7	27	43.6	25	25
29										10.0	27	—		25
30														
31														

Vielä suurempi on eroavaisuus urpasavi- ja saviliejumaissa 22—26 ollen etäisyys muitten menetelmien mukaan vain n. $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{3}$ osaa Salaojitusyhdistyksen käyttämästä etäisyydestä. Parhaiten maassamme käytettyjä etäisyyksiä vastaavia tuloksia antaa näissä maissa suoranainen läpäisykoe.

3. *Ojaetäisyyksien määräämismenetelmien soveltuvaisuus.*

Kuinka vähässä määrin voidaan vielä tätä nykyä luottaa ojaetäisyyksien määräyksissä tieteellisten tutkimusten antamiin tuloksiin, selviää itse asiassa jo taulukoista XXIV ja XXV. Jos esim. vertaamme JANOTAN ja SCHILDKNECHTin aivan viime aikoina tehtyjen esitysten mukaisia etäisyyksiä, on eroavaisuus varsin suuri, huolimatta siitä että etäisyyden määrääminen perustuu aivan samallaiseen maaperän tutkimusmenetelmään.

Vielä räikeämmin kuitenkin selviää käytettyjen menetelmien epäluotettavuus siinä, että ROTHE ja BONACKER ovat aivan näinä aikoina katsoneet voivansa esittää niin kovin suuressa määrin aikaisempien esitysten mukaisista ojaetäisyyksistä poikkeavia välimatkoja; kun esim. heidän mukaansa saadaan hygroskooppisuuteen perustuvassa menetelmässä 21 m, saadaan BREITENBACHin mukaan 16 m ja ZUNKERin mukaan vain 13.5 m etäisyydeksi (106; 1929; 169) ja liettyvien aineksien prosenttiosuuden mukaan ROTHE—BONACKER menetelmissä 21 m, samalla kun FAUSER saa etäisyydeksi vain 14.5 m.

Mitenkä kovin hapuilevassa asemassa vielä ollaan ojaetäisyyden tieteellisesti tarkassa määräämisessä, siitä ovat osaltaan myös hyvänä todisteena vielä 1920-luvulla tehdyt esitykset: FLODKVISTin ajatus pohjavesihavaintoihin perustuvasta ojaetäisyyksien määräyksestä, CLAUSin taikavarpu-menetelmä ja SCHROEDERin esitys laaditun ojitussuunnitelman osittaisesta toteuttamisesta.

Hyvällä syyllä voidaan vielä tätä nykyäkin FEILBERGin tavoin yhtyä norjalaisen S. HAASUNDin lausuntoon (61; 1921; 127), jossa hän sanoo: »Sääntöjä, joita on esitetty ojaetäisyyden määräämistä varten eri maalajeissa, voidaan usein pikemmin pitää filosofiana, kuin minään varmana kokemusta vastaavana luonnontieteenä».

Tämä tulosten tavaton hajanaisuus ja ristiriitaisuus on omiansa herättämään kysymyksen siitä, pohjautuvatko esitetyt menetelmät ensinkään oikeisiin perusteisiin ja onko ylimalkaan esiin tuotujen maaperäominaisuuksien avulla ojaetäisyys määrättävissä riittävällä tarkkuudella.

Tämän vuoksi on syytä yleisluontoiseltakin kannalta lähemmin tarkastella esitettyjä teorioja sekä yksityiskohtaisesti eri menetelmiä.

Miltei kaikki esitetyt ojaetäisyysmääräysmenetelmät perustuvat silmävaraiseen arvioonkuivatuksen riittävyydestä. Tällainen arvio on kuitenkin mitä suurimmassa määrässä epäluotettava.

Tottunutkin arvostelija erehtyy yleensä arvioimaan viljakasvit korren ja lehtien rehevän kasvun vuoksi paremmiksi kuin ne tosi-

asiassa ovatkaan, samaten kuin juurikasvit niiden naattien ja varsien mukaan. Käytännössä on sattunut m. m., että viljaa, joka on antanut 35 % paremman sadon kuin naapurilohkolla kasvava sama viljalaji ja -kanta, on pidetty tätä huonompana.

Sitä paitsi tällaisen silmävaraisen arvion avulla ei millään tavoin voida selvittää sitä, millä kohdalla taloudellisesti edullisin ojaetäisyys tottakin on. Tähän tarvitaan tarkka tieto siitä, mikä eroavaisuus eri viljelyskasvien satotuloksissa on eri ojaetäisyyksillä. Tämä tieto voidaan saada vain tarkoituksenmukaisten ojaetäisyyskenttäkokeiden avulla. Näiden kokeiden antamien tulosten perusteella vasta on mahdollisuus sitten laskea, mikä ojaetäisyys missäkin viljelyksessä antaa korkeimman puhtaan tuoton.

Myöskin havaintoja pohjavesisyvyyksistä ojien välillä on pidetty perusteena arvioitaessa kuivatuksen riittävyyttä.

Tällainen arvio antaa jo paljon täsmällisemmän perusteen arvioinnille ja voitaisiin sitä pitää riittävän tarkkanakin, jos olisi suoritettu tarpeeksi perusteellisia tutkimuksia siitä, minkälaisissa pohjavesisuhteissa mikin kasvi minkinlaisissa maalajeissa ja ilmastollisissa olosuhteissa parhaiten menestyy ja minkä eron eri pohjavesisuhteet aiheuttavat satomäärissä. Vaikka tämäntapaisia tutkimuksia on jonkin verran jo suoritettukin (109; 1929), ovat ne kuitenkin vielä siksi puutteellisia, ettei niiden perusteella voida mitään laskelmia tehdä satoisuudesta.

Käytännöllisimmin ja tarkoituksenmukaisimmin voidaan nämäkin tutkimukset suorittaa itse ojaetäisyyskokeiden yhteydessä.

Esitetyt ojaetäisyysmääräysmenetelmät nojautuvat siis, kuten edellä olevasta näkyy, jo yleisperusteissaan varsin hataraan ja epäluotettavaan pohjaan, eikä näin ollen voida ihmetellä sitä, että ne ovat johtaneet keskenään niin ristiriitaisiin ja käytännössä useasti paikkaansa pitämättömään tulokseen.

On syytä myöskin lähemmin vielä tarkastella, mitä teoreettisia ja käytännöllisiä edellytyksiä ylimalkaan on esitettyjen menetelmien avulla määrätä ojaetäisyys.

Menetelmää parin koesalaojan laitosta kuivatettavalle alueelle ja pohjavesihavaintojen teosta niiden välillä on ainakin meikäläisissä oloissa pidettävä varsin epäkäytännöllisenä, milteipä mahdottomana sekä yleensäkin käytännöllistä salaojitustoimintaa liiaksi hankaloittavana, vieläpä suorastaan tarpeettomana, mikäli on kysymyksessä selvittää k. o. maalajien kuivatustarvetta.

Maassamme ovat kuivatusta kaipaavat viljelykset avo-ojitettuja. Kuivatuksellisesti tehokkain salaojainsuunta kulkee yleensä poikittain entiseen avo-ojitukseen. Kun avo-ojat taasen kulkevat tavallisesti suuremman putouksen suunnassa olisi koesalaojat tehtävä avo-ojien yläpäitten poikki, jossa ne eivät useastikaan olisi maalajien eikä pohjavesisuhteidenkaan kannalta luontevimmassa paikassaan ja kokeen antamia tuloksia olisi vaikea yleistää koko kuivatettavaa aluetta käsittäviksi. Tämän vuoksi olisi mieluimmin koesalaojitettava koko samanne päin viettävä avo-ojitettu peltoalue. Parin koesalaojan tekoa vaikeuttaisi käytännössä sitä paitsi useasti avoviemärisuhteetkin.

Kun ilmastolliset olosuhteet saattavat vaihdella vuosittain varsin paljon, olisi koetta jatkettava useampia vuosia. Mitenkä kauan kokeen tulisi kestää, riippuisi siitä, kuinka nopeasti myöskin varsin poutainen ja kuiva kesä toisaalta sekä erittäin sateinen ja märkä kesä toisaalta sattuisivat tulemaan.

Myöskin vasta täytetyllä salaojalla ja sarkaojalla täytemaan löyhärakenteisuuden vuoksi on toisenlainen kuivatusteho ensi vuosina kuin myöhemmin maan lasehdittua, jonka vuoksi pitempi koeaika on myöskin tarpeen.

Käytännöllisen salaojitustoiminnan kytkemistä tällaiseen ehkä monesti hyvinkin pitkäaikaiseen kokeiluun ei voida katsoa tarkoituksenmukaiseksi. Käytännön kannalta on pidettävä oikeutettuna vaatimusta, että tieteellisen tutkimustyön tulee kyetä löytämään sellaiset perusteet, jotka jo ennakkotutkimuksen perusteella antavat käytännöllisesti ottaen riittävän tarkan ohjeen oikean ojaetäisyyden määräämiselle.

Kuten jo ennen on mainittu, edellyttää tällainen pohjavesihavaintoihin perustuva kokeilu tuntemusta siitä, mikä pohjavesisyvyys mihinkin maalajiin ja viljelyskasviin nähden on paras. Kun tämä tuntemus on käytännöllisimmin ja tarkoitustaan vastaavasti saavutettavissa itse eri maalajeihin nähden järjesteltyjen ojaetäisyyskokeiden yhteydessä, tulee koesalaojitus k. o. maalajin kuivatustarvetta koskevassa mielessä tarpeettomaksi, ja olisi sillä merkitystä tällöin pääasiassa vaan paikallisten erikoisluontoisten pohjavesi- ja pintavesisuhteiden vaikutuksen selvittäjänä. Tällainen pieni koesalaojitus saattaa kuitenkin useasti olla varsin vähän valaiseva näissäkin suhteissa tilan muihin viljelyksiin nähden ja toisaalta taasen käytännössä saatu kokemus vastaavanlaisissa maastosuhteissa monilla tiloilla voi jo antaa yhtä hyvän ehkä monesti paremmankin ohjeen sopivan etäisyyden määräämiselle.

Vaikkakin edellä selitetyistä syistä kokeellista salaojitusta ei voida pitää tarkoituksenmukaisena ojaetäisyyden määräämiseksi,

voidaan meillä kuitenkin käytännössä tarpeen tullen jossakin määrin sovelluttaa sen mukaista menetelmää. Kun nim. tilain viljelykset toteutetaan tavallisimmin 5—10 vuoden kuluessa, voidaan myöhemmin salaojitettavilla alueilla ottaa huomioon aikaisemmista ojituksista saatu kokemus.

Myöskään läpäisykokeisiin perustuva ojaetäisyyksien määräys ei ole osoittautunut vievän oikeisiin tuloksiin, vaikka ensi ajatuksella tuntuisikin luonnolliselta, että tätä tietä voitaisiin varmimmin päästä käytännöllistä tarvetta vastaaviin tuloksiin.

Tämä läpäisykokeiden soveltumattomuus johtuu suureksi osaksi siitä, että useiden maiden vedenläpäisykyvyssä tapahtuu kuivatuksen jälkeen varsin huomattavia muutoksia. Tällaisia maita ovat meillä esim. lieju- (27—25), urpasavi- (24—22) ja lihavat savimaat (21—16) mainittuina siinä järjestyksessä kuin muuttuvaisuus tässä suhteessa on suurin; myöskin lihavissa tiiviissä hiesusavimaissa (15—13) ja mutasoissa (28—3) tapahtuu muutoksia läpäisykyvyssä kuivatuksen jälkeen, vaikkakaan ei läheskään yhtä suuressa määrin kuin ensin mainituissa maalajeissa.

Kuivatuksen aiheuttama muruisuus ja halkeamat ovat jotenkin permanentteja urpasavi- ja liejumaalajeissa t. s. vaikka nämä uudelleen joutuvat seisomaan pitkiä aikoja vedessä, niin muruisuus ja halkeamat säilyvät. Toisin on näytteitä 9—21 vastaavissa savimaissa; näissä maa paisuu kasteltaessa silmin nähtävästi ja yleensä muodostaa varsin nopeasti riittävän kastelun jälkeen uudelleen kompaktin yhtenäisen massan.

Kun maassamme miltei kaikki viljelykset ovat sarkaojitettuja, on maan pintaosassa tapahtunut kuivatus siis jo aiheuttanut siinä äsken mainittuja muutoksia, joten meillä pitäisi olla verrattain suuret edellytykset läpäisykokeen avulla määrätä ojaetäisyys. Ettei tämä kuitenkaan ole mahdollista, johtuu läpäisykokeen epäkäytännöllisyydestä sekä sen yleisluontoisesta soveltumattomuudesta tällaiseen tarkoitukseen.

Läpäisykokeen suorittaminen tarkoituksenmukaisella tavalla on erikoisesti kolloidiaineksia sisältävissä ja siis kuivuessaan kutistuvissa maissa mahdoton, kun ei ole tietoa, millä tavoin tällainen muuttuva läpäisykyky on kuivatuksen kannalta otettava huomioon. Jos esim. menetellään Kopécky'n (19; 1914; 42) tavoin siten, että näytettä kostutetaan ensinnä siksi, kunnes siitä alkaa tippua vettä, merkitsee se käytännössä, että tiiviissä hiesusavi- ja lihavissa savimaissa (10—21) rakoilun kuivatusta edistävä vaikutus jää huomioonottamatta.

Kun maiden vedenläpäisykyky on myöskin riippuva, kuten jo on mainittu, niiden kosteustilasta, tulisi luonnossa suoritettavissa läpäisykokeissa aina määrätä, mikä vesikapasiteetti maakerrostumassa on kokeen kohdalla.

Paitsi maan kosteustilaa on luonnossa läpäisykokeen tuloksiin varsin vaihtelevasti vaikuttamassa myöskin juurien ja matojen tekemät reijät, jotka saattavat esiintyä varsin paikallisina.

Vaikkakin suorittamieni läpäisykokeiden perusteella lasketut ojaetäisyydet (katso taulukossa XXIV sarakkeita 25—28) suurin piirtein ottaen jossakin määrin karakterisoivat k. o. maalajien kuivatustarvetta, ovat tulokset kuitenkin siksi hajainaisia ja eri suuntiin meneviä, etteivät nekään millään tavoin puolla läpäisykokeen käyttämistä ojaetäisyyden määräämisessä.

Tulos tukee siis tanskalaisen WERTERMANNin (61; 1921; 25, 26) esittämää mielipidettä ja on sama, mihin Saksassa on myöhemmin tultu FRECKMANN—JANERT-läpäisykoemenetelmään nähden (8; 1928; 75—80).

Sitä paitsi, vaikkapa läpäisykokeen avulla voitaisiin laskea, mitä pohjavesisyvyyttä mikin ojaetäisyys vastaa, on meillä edessämme sama, toistaiseksi ratkaisematon kysymys kuin kokeellisessa salaojituksessakin, nim. kysymys siitä, mikä pohjavesisyvyys minkinlaisessa maalajissa ja viljelyksessä on edullisin, jonka seikan tutkiminen tarkoituksenmukaisimmin selvitetään ojaetäisyyskokeiden avulla.

Tekemällä havaintoja pohjavesikorkeudesta, sademäärästä ja salaojien kautta poisjuoksevasta vesimäärästä voidaan nim. tällaisten ojaetäisyyskokeiden yhteydessä ja samalla myöskin luonnossa esiintyviä olosuhteita vastaavimmin saada selvyys eri maalajien vedenläpäisykyvystä.

H a j a s a l a o j i t u s on voimakkaimmin saanut kannatusta Saksassa Sachsenissa. Myöskin joukko Saksan kulttuuriteknillisiä tiedemiehiä on kiinnittänyt asiaan huomiota ja on tämä menetelmä yleensä heidän puoleltaan saanut osakseen hyvinkin ankaraa arvostelua. FAUSER (110; 1929; 422) ja ZUNKER (111; 1929; 428) pitävät varsin epäiltävänä, johtuuko taikavarvun kääntyminen yksinomaan perusmaan laadussa tapahtuneen muutoksen tai vesisuonen kaukovaikutuksesta ja katsovat, että itsesuggestio ja myöskin taikavarpukatsojan vaikutus, joka on johtunut tiedottoman ajatusten siirron kautta toisten henkilöitten puolelta, saattavat olla mahdollisia. ZUNKER nojaa mielipiteensä järjestämissään kokeissa saatuihin tuloksiin, joissa taikavarpu eri henkilöitten ollessa kokeilijana taipui eri paikoissa samalla matkalla.

Kun taikavarpua käytetään paitsi vesisuonien etsintään myöskin kalliohalkeamien, vuorisuolan, kali-, malmi- ja hiilikerrosten sekä

maaöljyjen määräämiseen, pitää niin hyvin FAUSER kuin ZUNKERkin epäiltävänä, onko yleensä erotettavissa mikä näistä on taikavarvun taipumisen aiheuttanut.

Tutkimuksiensa tuloksena FAUSER esittää, että epäilykset taikavarvun käyttöön perustuvaan hajasalaojitukseen eivät sen kautta millään tavoin ole vähentyneet, vaan pikemminkin vahvistuneet.

Maassamme on taikavarpua käytetty jo useiden kymmenien vuosien aikana kaivonpaikkain katsomisessa. Varpu on ollut pajun tai katajan oksahaarukka ja viime aikoina myöskin kuparilangasta tehty kaksihaarainen laite. Kun meillä ei tiettävästi maassa ole hiiltä eikä öljyä eikä m. s., merkitsisi taipuminen täällä etupäässä pohjavesisuonia ja muutoskohtia maan laadussa tai myöskin kalliohalkeamia, vaikka niissä ei virtaisikaan vettä.

Ilmiötä sellaisenaan ei voida kieltää. Missä määrin se ilmaisee vain vesisuonia, on meilläkin kuitenkin vielä epäiltävää. Kun sen avulla sitä paitsi ei voida määrätä suonen syvyyttä eikä sen suuruutta, on salaojitusten ennakkosuunnittelu sen perusteella miltei mahdoton. Työn toteuttaminen saattaa tämän vuoksi tuottaa yllättäviä pettymyksiä ja — mikäli vesisuonet ovat syvällä — suoranaisia mahdottomuuksia viemärivaikeuksien vuoksi.

Mutta vaikkapa emme pitäisikään menetelmää taikavarvun avulla määrätä vesisuonet käytännöllisesti mahdottomana, jää kuitenkin ratkaistavaksemme kysymys, missä määrin meillä pohjavesisuonia, -puroja j. n. e. kuivattamalla on edellytyksiä saavuttaa riittävä kuivatus viljelysmaille.

CLAUS itse jo mainitsee, että vaikeasti läpäisevillä ja laadultaan samanlaisilla mailla tällä hajasalaojituksella on vähemmän edellytyksiä. Tämän mukaan olisi tällaisella pohjavesisuonisalaojituksella vähemmän merkitystä meidän pääasiallisimmilla viljelysmaillamme koko Länsi-, Lounais- ja Etelä-Suomessa. Sensijaan suuressa osassa Savoa ja Karjalaa, missä maat yleensä ovat laadultaan kovin vaihtelevia ja suurelta osalta helposti läpäiseviä hieta ja somerikkohietamaita, pitäisi hänen mielipiteensä mukaan olla edellytyksiä mainitunlaiseen salaojitukseen.

Meillä ovat olot varsinkin kahdessa suhteessa sellaiset, että ne tuntuvasti vähentävät pohjavesisuoni-salaojituksen merkitystä. Ensiksikin viljelysmaat ovat meillä yleensä verrattain tasaisesti ja miltei pintaansa myöten pohjavetisiä, ja toiseksi kasvukautemme lyhyyden ja keväisen kirsivaaran vuoksi on erittäin tärkeätä huolehtia pintavesien mahdollisimman nopeasta poistamisesta pelloilta. Vaikka me pohjavesisuoni-salaojituksen avulla poistaisimmekin vedet sy-

vemmistä helposti läpäisevistä maakerroksista, on ilmeistä, että suurin osa viljelyksistämme silti vedeltyisi lumien sulaessa ja vähänkin rankempien sateitten jälkeen pahoin, muokkaus tulisi mahdottomaksi tai ainakin vaikeutuisi huomattavasti, kylvöt viivästyisivät ja kasvullisuus kärsisi.

On selvää, että meilläkin lähteitten ja pohjavesipesäkkeiden kuivattaminen salaojituksien yhteydessä on tärkeätä, mutta tällainen on yksin riittävä vain verrattain harvinaisissa poikkeustapauksissa ja meillä etupäässä vain Savossa ja Karjalassa. Missä kuivatus suoritetaan tällaisen »hajasalaojituksen» avulla, siellä jää kuivatuksen riittävyyden toteaminen pakosta silmävaraisen arvion varaan.

Suorittaessani tutkimuksia taikavarvulla maastossa, jossa pinnan viettävyys oli n. 4 %, esiintyi 200 metriä leveällä alueella vain 3 vesisuonistoa, joten salaojain tarve sen mukaan olisi ollut varsin vähäinen. Maa k. o. alueella on kertavaa tiivistä hiesusavea, usean metrin vahvuudelta. On aivan ilmeistä, ettei tässä maalajissa olisi riittävää kuivatusta voitu saavuttaa noiden harvojen pohjavesisuonisalaojien avulla.

Flodkvist, joka esitti ajatuksen metodista, jonka mukaan maiden kuivatustarve saataisiin selville siitä, millä nopeudella pohjavesi painuu kirren sulamisen ja pitempien sadejaksojen jälkeen maassa, ei ole tähän mennessä vielä saattanut julkisuuteen lopullista tulostaan.

Ottamalla huomioon se monenlainen hydrostaattinen olotila, missä pohjavedet maassa saattavat olla, tuntuu uskottavalta, ettei tätä tietä voida saada riittävää selvyyttä ojaetäisyyden määräämiseen. Sitä paitsi ajatusta siitä, että maat, joissa pohjavesi painuu samalla nopeudella, olisi kuivatettavissa samaa etäisyyttä käyttäen, ei voida katsoa paikkaansa pitäväksi. Jos esim. meillä on kaksi samanlaista tasaista laaksosalpautumaa, joista toisessa maa on laadultaan hietaa ja toisessa hiesusavea, niin koska pohjavesien juoksu kapean laakson suun kautta on hidasta, tapahtuu pohjavesien painuminen miltei yksinomaan haihtumisen kautta. Eroavaisuus haihtumisessa riippuu kapillaarisesta vedennoususta ja jää pieneksi. On kuitenkin ilmeistä, että helposti läpäisevä hietamaa voidaan kuivattaa tuntuvasti harvemmalla ojituksella kuin huonosti läpäisevä hiesusavi, vaikkakin pohjavesien painumisnopeudessa ei ole suurtakaan eroa.

Tällaisten pohjavesihavaintojen avulla voidaan saada selville, onko yleensä kuivatustarvetta olemassa, mutta ei sitä, mitenkä taajaan ojitusta kuivatuksessa on käytettävä, jos se on tarpeen.

Sitä paitsi puuttuu meiltä vielä tietoisuus siitä, minkälaiset pohjavesisuhteet kasvullisesti ovat edullisimmat, kuten jo kokeellisen salaojituksen yhteydessä on mainittu; tutkimuksen tulosten käytäntöön sovelluttaminen edellyttäisi siis tässäkin tapauksessa ojaetäisyyskokeiden suorittamista.

Liettyvien tai saviaineksien prosenttiosuuteen, hygroskooppisuuteen, maan spes. tehopintaan ja kostumislämpöön perustuvat menetelmät nojautuvat itse asiassa samaan tekijään, nim. maan tekstuuriin. Tämän vuoksi onkin pidettävä luonnollisena, että ZUNKER suorittamiensa tutkimuksien perusteella, tulee sellaisen lopputulokseen, että kaikki k. o. menetelmät ovat samanarvoisia (8; 1928; 130 ja 114; 1928; 312) ja että UKBO teki seuraavan päätöksen:

»Kaikissa menetelmissä kulttuuriteknillisissä maaperätutkimuksissa on analyysimaana käytettävä < 2 mm suuruisten hiukkasten osuutta. Tutkimusmenetelminä tulevat kysymykseen:

I. Hiukkassuuruuksien määräys.

a) Huuhteluaparaatti, jossa on kaksi sylinteriä, tai jotka rajoittavat hietaosuuden maassa ylhäälle ja alhaalle päin, siis toistaiseksi:

sylinteri I = 2.00—0.05 mm
» II = 0.05—0.01 »
Jäännös pienemmät kuin 0.01 mm.

b) Liettämismenetelmät < 0.002 mm hiukkasosuuden määräystä varten.

II. Kostumissuureen määrääminen.

a) Hygroskooppisuus MITSCHERLICHin mukaan.

b) Kostumislämpö.

Keskinkertaisissa ja jäykissä maissa pitää käyttää pääryhmistä I ja II, mikäli mahdollista, yhtä menetelmää kummastakin rinnakkaistutkimuksena».

UKBO hyväksyi täten useampia rinnakkaismenetelmiä sekä valitsi käytetyistä menetelmistä vaivattomammin suoritettavat.

Että nämä menetelmät siitä huolimatta niiden perusteella ojaetäisyyttä määrättäessä vievät niin kovin suuressa määrin toisistaan milloin puoleen, milloin toiseen poikkeaviin tuloksiin, kuten m. m. taulukoista XXIV ja XXV käy selville, johtuu suureksi osaksi mekaanisten maa-analyysien suorituksessa käytettyjen teknillisten menettelyjen erilaisuudesta ja maassa olevien ainesten erilaisesta hygroskooppisuudesta tai kostumislämmöstä, mikä aiheuttaa, etteivät nämä erinäisissä tapauksissa kulje yhdenmukaisesti hiukkassuuruuden kanssa.

En pidä tarpeellisena tässä näitä seikkoja enää sen lisäksi, mitä niistä jo aikaisemmin mitäkin maaperäominaisuutta koskevien tutkimusmetodien yhteydessä olen maininnut, tarkemmin kosketella, kun nämä metodiset eroavaisuudet ojaetäisyyden oikean määräämisen kannalta kuitenkin ovat toisarvoisija tekijöitä. Viittaan vain niihin lukuisiin arvosteleviin esityksiin, mitä useat tutkijat ovat julkaisseet näistä asioista, kuten ZUNKER, FRECKMANN ja JANERT, JANERT, KRAUSS, FAUSER, ROTHE, BONACKER, sekä mitä UKBo:n kokouksissa tässä suhteessa on tuotu esiin.

Suurimmat virheellisyydet johtuvat nim. siitä, millä tavoin tuloksia sovellutetaan käytäntöön.

Käytetyt menetelmät pitävät m. m. ilman muuta aksiomina, että maan vedenläpäisykyky eli siis myös ojaetäisyys pienenee maahiukkasten keskisuuruuden eli maan dispersisuusasteen pienetessä. Täten niissä pannaan painoa vain maan tekstuuriin, mutta ei ensinkään sen struktuuriin eli maahiukkasten keskeiseen asemaan. Ja kuitenkin riippuu maan vedenläpäisykyky pääasiassa sen huokoisvolyymin määrästä ja dispersisuusasteesta, jotka varsin useassa tapauksessa eivät muutu samansuuntaisesti tekstuurin kanssa. Jo taulukossa VII olevista arvoista näkee osittain, että tässä suhteessa on suuria eroja olemassa eri maalajien välillä.

Näin on jäänyt ojaetäisyyksien määräämisessä huomioon ottamatta m. m. myöskin ne muutokset, mitkä aiheutuvat kolloidisten hiukkasten kutistumisesta kuivatuksen vaikutuksesta.

Nämä kuivumisen aiheuttamat muutokset, suurempi muruisuus ja rakoisuus maassa, ovat varsinkin silloin kuivatuksellisesti paljon merkitseviä, kun ne ovat permanentteja, kuten näytteitä 22—27 vastaavissa urpasavi- ja saviliejumaalajeissa. Näytteitä 16—21 vastaavassa lihavassa savimaalajissa, jossa kutistuminen kyllä on suuri, jää sen kuivatuksellinen merkitys pienemmäksi, kun se on temporäärinen ja syntyneet halkeamat suurien yhtämittaisten sateitten aikana painuvat uudelleen kiinni.

Sivuuttamalla struktuuri jouduttaisiin meillä näytteitä 16—26 vastaavissa maalajeissa käyttämään osittain jopa kolmikertasesti suurempaa ojamäärää kuin silmävaraisen arvion mukaan käytännössä on osoittautunut tarpeelliseksi, kuten jo aikaisemmin (sivulla 242) on mainittu. Tällainen struktuurin sivuuttaminen ei aiheuta virheellisyyttä vain kolloidisia aineksia runsaasti sisältävissä maalajeissa, siitä ovat meillä todisteena näytteitä 7 ja 8 vastaava savihiesumaalaji, jossa käytännössä saadun kokemuksen mukaan 20 metrin ojaetäisyydellä hyvin saavutetaan riittävä kuivatus, mutta ZUNKERin esittämän hygroskooppisuus kaavan mukaan on tarpeen 17 m:n, GER-

HARDTin mukaan 17.5 m:n ja GANZ—FAUSERin mukaan 13.7 m:n etäisyys.

Arvio mainittujen suurempien ojaetäisyyksien riittävyydestä ei perustu yksin silmävaraiseen arvioon, vaan on sitä tukemassa myöskin ojaväleillä tehdyt pohjavesihavainnot ja jossakin määrin tukevat sitä myöskin suoranaiset vedenläpäisykokeet.

Maa-ainesten ominaispaino eri kivennäismaissa vaihtelee varsin vähän, kuten taulukosta VII näkyy.

Mitä pienempi maanvolyymipaino on, sitä suurempi on sen huokoisuus, kuten selviää myös yhtälöstä (katso sivua 71):

$$H = \frac{s - G_0}{s} \times 100$$

Ottamalla huomioon vaikkapa vain volyymipainon, olisi myöskin struktuuri jossakin määrin päässyt vaikuttamaan ojaetäisyyteen.

Otaksumalla että ojaetäisyyden tulisi lisääntyä suorassa suhteessa huokoisvolyymiin eli siis kääntäen verrannollisesti volyymipainoon- ja oletamme vain tekstuuriin perustuvain ojaetäisyysmääräyskaavain parhaiten vastaavan kuivatustarvetta volyymipainon ollessa: 1.5 kg/dm³- saadaan:

$$E_s = \frac{E \cdot 1.5,}{w}, \text{ jossa}$$

E_s = ojaetäisyys struktuurikin huomioon otettaessa,
E = ojaetäisyys vain tekstuuri huomioon otettaessa,
w = maalajin volyymipaino.

Tällöin saataisiin GANZ—FAUSER-menetelmän mukaan etäisyyksiksi taulukossa XXVI, näkyvät määrät likimääräis-laskelman mukaan:

Taulukko XXVI. **Tabelle XXVI.**

Näyte Probe n:o	Etäisyys Abstand m	Näyte Probe n:o	Etäisyys Abstand m	Näyte Probe n:o	Etäisyys Abstand m
1.....	25	11.....	10	21.....	12
2.....	22	12.....	10.5	22.....	18
3.....	21	13.....	10	23.....	22
4.....	19	14.....	12	24.....	20
5.....	18	15.....	12	25.....	27
6.....	20	16.....	12	26.....	29
7.....	17	17.....	11		
8.....	18	18	12		
9.....	15	19.....	12		
10.....	10	20.....	12.5		

Kuten taulukosta huomataan vertaamalla tuloksia taulukoissa XXIV ja XXV näkyviin lukuihin, ovat etäisyydet nyt tuntuvassa määrässä yhdensuuntaisempia meillä käytettyjen etäisyyksien kanssa, vaikka ei vieläkään läheskään riittävästi.

Struktuuriin nähden on tässä vasta otettu huomioon huokoisvolyymimäärä, mutta ei sen dispersisuusastetta, joka läpäiseväisyyden kannalta on varsin tärkeä, mutta vaikeasti määrättävä tekijä, joten esiintyvät poikkeukset suhteellisessa eroavaisuudessa ovat ymmärrettäviä.

Kun Zunker (54; 1921; 599) sanoo: »Mekaanisen maa-analyysin avulla on siis mahdollista määrätä tarkoituksenmukainen ojaetäisyys ilman sanottavaa virheellisyyttä, vaikka tällöin otetaan huomioon vain maan paino ja jätetään huomioimatta maan luontainen tilavuuspaino», hän syrjäyttää ojaetäisyyteen käytännössä varsin paljon vaikuttavan tekijän.

Toinen seikka, mistä nämä virheellisyydet ja eroavaisuudet johtuvat, juontuu jo siitä, millä tavoin yhteys analyysimenetelmäin antamain tulosten ja sopivaksi katsotun ojaetäisyyden välillä on saatu.

Tavallisimmin on menetelty siten, että silmävaraisten havaintojen perusteella on aikaisemmin salaojitetuilla mailla arvioitu kuivatus riittäväksi tai ei riittäväksi, otettu maista näytteet ja analysoitu ne; saatujen tulosten perusteella on sitten sopiva ojaetäisyys määrätty kulkemaan riittävän ja ei-riittävän kuivatuksen rajamaita (28; 1927; 14—17; Grenzkurve) taikka suuremmassa tai pienemmässä määrässä varmasti riittävän kuivatuksen puolella (Breitenbach, Zunker jne.).

Käytettyjen ojaetäisyysmääräysmenetelmien yleisperusteista puhuttaessa olen jo edellä maininnut tällaisen menettelyn yleisluontoisesta epäluotettavuudesta ja riittämättömyydestä. Tämän ohella ei näissä käytetyissä menettelyissä ole kiinnitetty eikä olisi voitukaan kiinnittää riittävää huomiota niihin moniin muihin erikoistekijöihin, jotka maiden laadun ohella vaikuttavat ojaetäisyyteen.

Ensiksikin havainnot kuivatuksen riittävyyteen nähden ovat olleet liian lyhytaikaisia ja harvalukuisiakin.

Sadehavainnosta tiedämme, että sademäärässä eri vuosina saattaa olla varsin suuri ero. Ojaetäisyys, joka varsin sateisena kesänä osoittautuu jossain määrin riittämättömäksi, saattaa silti tavallisina vuosina olla hyvin riittävä ja taloudellisesti edullisin; kun sen sijaan etäisyys, joka kuivana kesänä osottautuu hyvin riittäväksi, saattaa jo normaalisena kesänä olla puutteellinen.

Myöskään havainnon aikana viljelyksellä olevaan kasviin ei ole kiinnitetty huomiota. Kuitenkin tiedämme, että kuivatus, joka juurikasviviljelyksessä osottautuu puutteelliseksi saattaa silti viljanviljelyksessä ja varsinkin heinänviljelyksessä olla hyvin riittävä jne. Edelleen muokkauksen vaikutus erilaisine kyntösyvyyksineen ja kyntösuuntineen on jäänyt vaille huomiota, samaten kuin ruokamulta kerroksen vahvuus ja laatu.

Kun on ollut kysymyksessä jo salaojitettu pelto, jonka aikaisemmista pohjavesisuhteista ei ole tietoa, saattaa myöskin tällöin uusi epävarma tekijä olla vaikuttamassa lopputulokseen. Ottamalla mukaan alueita, joissa on huomattu selvää lähtellisyyttä ja paineellista pohjavesisyyttä (Schichtwasser), on menetelty väärin, kun tarkoituksena on ollut selvittää kysymys maan laadun vaikutuksesta ojaetäisyyteen.

Kuten on tunnettua, parantuu salaojituksen kuivatusteho useissa maalajeissa ensivuosistaan; myöskin tämän samaten kuin maan viettävyyden ja sen ilmansuunnan huomiotta jättäminen vie virheisiin.

Kaikkien näiden ohella johtuu vielä salaojitusten erilaisesta teknillisestä kuntoisuudesta uusia epämääräisesti vaikuttavia tekijöitä mukaan. Paitsi työn yleinen laatu on kuivatuksen tehokkuuteen vaikuttamassa myös putkisuuruus ja se, onko putkiston ympärillä käytetty veden kulkua edistäviä suojusaineita, vai onko tiivis perusmaa heti putkea vastaan sekä mitä menetelmiä on käytetty pintavesivaaran vähentämiseksi.

Kuten edellä esitetystä selvinnee, ovat käytetyt menetelmät ojaetäisyyden ja maan laadun keskeisen yhteyden määräämiseksi mitä suurimmassa määrässä summittaisia, joten ojaetäisyyden määrääminen maan laadun mukaan jää varsin empiirisen arvion varaan.

Kun Bonacker (72; 1928; 32), joka myöskin huomauttaa tällaiseen arvioon perustuvien ojaetäisyyskaavain epäluotettavuudesta, käy käsiksi satomittauksiin valiten tähän peltoja, jotka on jo salaojitettu, mutta joissa kasvu ilmeisesti kärsii ojien keskivälillä puutteellisesta kuivatuksesta, menettelee hän jo paljon täsmällisemmin. Kuitenkin jää tässäkin suuri osa edellä mainituista tekijöistä huomioon ottamatta. Lisäksi ottamalla lähtökohdaksi puutteellisesti toimivan salaojavälin, joudutaan sellaisesta saatujen tulosten perusteella kolloidimaissa todennäköisesti liian kapeisiin väleihin; sillä puutteellisen kuivatuksen vuoksi pidättyvät vedet maassa pitkän aikaa, kolloidit paisuvat ja maa tiivistyy, jonka johdosta puutteellisesti kuivatettu alue levenee edelleen ja tuntuu satotuloksissa. Sitä paitsi vain vuoden kestäneitten havaintojen ja niin perin pienen aineis-

ton perusteella johtaa ja saattaa julkisuuteen ojaetäisyyskaavat, kuin BONACKER (72; 1928; 37) ja ROTHE (106; 1929; 169) ovat tehneet, on hätiköityä ja siinä jää monta asiaan vaikuttavaa tekijää ottamatta huomioon.

SCHROEDERin esitys tavanmukaisen salaojitussuunnitelman laatimisesta ja sen asteettaisesta toteuttamisesta saattaa johtua suuressa määrin tarpeettoman taajaan ojitukseen. Milloin esim. havaitaan joittenkin ojain välillä kuivatuksen olevan jossain määrin puutteellisen, joudutaan väli jakamaan salaojalla kahtia, ja kuivatus tulee ehkä hyvinkin suuressa määrin taloudellisesti edullisinta etäisyyttä kapeammaksi. Ja joka tapauksessa tällöinkin joudutaan toimimaan summittaisen silmävaraisen arvion varassa.

Esitettyjen maaperätutkimuksien antamien ohjeiden epäluotettavuus monessa suhteessa ojaetäisyyksien määräyksissä, kuten edellä olevasta on käynyt selville, ei oikeuta sitä ankaraa arvostelua, mikä on kohdistettu tätä nykyä vielä enimmän käytettyä, kenttätutkimuksessa tehtyihin makroskooppisiin havaintoihin perustuvaa ojaetäisyysmääräysmenetelmää vastaan. Mikäli käytännön kulttuuriteknikko tällaisessa tutkimuksessa kykenee määräämään, mikä maalaji on kysymyksessä ja tietää käytännöllisen kokemuksen perusteella, minkälainen ojaetäisyys siinä on tarkoituksenmukaisin, pääsee hän ainakin yhtä oikeaan tulokseen kuin mainittujen muiden menetelmien avulla. Ettei kuivuneista laboratorionäytteistä, kuten asianlaita oli KOSTKAN (28; 1927; 51) tutkimuksessa, kyetty toteamaan, mikä maalaji on kysymyksessä ei ole ihmeteltävissä. Tottuneimmillekin maaperätutkijoille on tämä useissa tapauksessa mahdotonta. Silti saattaa sama maanlaji luonnossa nähtynä olla hyvinkin helposti todettavissa. Milloin sen sijaan silmävaraisessa tutkimuksessa havainnon tekijä pyrkii määräämään maan liettyvien aineksien määrän ja sen perusteella sovelluttaa esitettyjä etäisyyskaavoja, ovat mitä suurimmat erehdykset mahdollisia.

Todella tarkoituksenmukaisia etäisyysarvoja on saatavissa vain suoranaisten pitkäaikaisten, eri maalajeja käsittävien ojaetäisyyskokeiden avulla.

Kysymykseen, voidaanko näidenkään antamien tuloksien perusteella saavuttaa paikkaansa pitävä yleispätevä yhteys maiden hiukkassuuruuden, hygroskooppisuuden jne. välillä toisaalta ja ojaetäisyyden välillä toisaalta, on ainakin meikäläisissä oloissa vastattava kielteisesti.

Jos esim. vertaamme savihiesunäytteen 7 hygroskooppisuutta tiiviin hiesusavinäytteen 10 hygroskooppisuuteen, huomaamme, että

se on jotenkin sama, joten ojaetäisyydenkin pitäisi olla likipitäen saman. Kuitenkin on tässä kysymyksessä kaksi aivan erilaista maalajia, joiden kuivatustarve on varsin erilainen; savihiesumaalaji 7 on löyhästruktuurinen, jonka huokoisvolyymi on n. 55 % ja volyymipaino n. 1.200 kg/dm³, kun taasen tiivis hiesusavimaalaji 10 on tiivis struktuurinen, kuivuessaan aivan vähän kutistuva ja pahoin kovettuva, jonka huokoisvolyymi on n. 43 % ja volyymipaino n. 1.550 kg/dm³.

Jos edelleen vertaamme niitä tuloksia, mitä ojaetäisyyteen nähden on saatu liettyvien aineksien prosenttiosuuteen perustuvien menetelmien mukaan näytteitä 10—14 vastaavassa tiiviissä hiesusavimaassa ja näytteitä 22—24 vastaavassa urpasavimaassa, niin näemme niiden olevan jotenkin yhtäsuuria. Tässäkin tapauksessa on kuitenkin kysymyksessä kaksi kuivatustarpeeltaan aivan erilaista maalajia. Näytteitä 10—14 vastaavan maalajin huokoisvolyymi ja volyymipaino selviävät äsken juuri mainituista luvuista, näytteitä 22—24 vastaavan urpasavimaan huokoisvolyymi on n. 70 % ja volyymipaino n. 0.800 kg/dm³.

Kuten näistä esimerkeistä selviää, on yhden laboratoriossa määrätyn maaperäominaisuuden perusteella mahdoton löytää yleispätevää pohjaa ojaetäisyyden määräämiseksi. Siinä on tarpeen tuntea ainakin kaksi ellei useampiakin maaperäominaisuuksia, jotka eivät johdu yksin maan tekstuurista ja mikäli yleensä on ensinkään mahdollista löytää täysin pätevää kaavaa ojaetäisyyden määräämiseen maaperäominaisuuksien perusteella.

Järjestämällä ojaetäisyyskokeita kaikkiin viljelyksellisesti tärkeimpiin maalajeihin nähden ja maaperätutkimuksen avulla hakemalla ne maaperäominaisuudet, joiden perusteella käytännössä mahdollisimman yksinkertaisesti ja mieluimmin makroskooppisesti voidaan määrätä, mikä maalaji milloinkin on kysymyksessä, voidaan maan laadun ja ojaetäisyyden keskeinen kysymys käytännöllisemmin ratkaista.

Kun eri maalajit tavallaan muodostavat määrätyillä tavoilla muuttuvan sarjan, on jotakin välimuoto-maalajiakin, joka ei ole joutunut kokeeseen, vastaava ojaetäisyys helppo määrätä.

Maassamme suurin osa viljelyksistä on tällaisia määrätynlaisia tyypillisiä maalajeja. Tämän vuoksi on meillä hyviä edellytyksiä edellä esitetyn sarjakokeen avulla päästä käytännöllisesti käyttökelpoisiin tuloksiin.

Siellä, missä tällaisia tyypillisiä maalajeja ei ole, saattaa olla pakko suunnitteluissa ratkaista ojaetäisyyskysymys laboratoriotutkimukseen perustuvien maaperäominaisuuksien, ei yhden vaan useampien pohjalla, joiden merkitys ojaetäisyyskokeiden avulla on selvitetty.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvitellä ensi sijassa vain kysymystä maan laadun vaikutuksesta ojaetäisyyteen, joka, kuten juuri edellä on esitetty, tapahtuu parhaiten eri maalajeihin nähden järjestettyjen ojaetäisyyskokeiden avulla. Tällaista kokeilua ei voida kuitenkaan suorittaa vain maiden laadun suhteen, vaan joutuu kokeeseen pakosta muitakin ojaetäisyyteen vaikuttavia tekijöitä, minkä vuoksi niitäkin on tässä käsiteltävä.

Näistä tekijöistä on yksi ilmasto. SCHILDKNECHT (28; 1927; 5—64) pitää 0.2 m ojaetäisyyskavennusta riittävänä 100 mm lisäsadetta kohti ja pitää liiallisena, kun ZUNKER laski tämän kavennuksen 1.0 m. Myöhemmin ZUNKER (8; 1928; 8—131) on esittänyt sademäärään nähden huomioon otettavaksi vain talvipuoliskon (1/10—3 1/3) sateen, jonka mukaan ojaetäisyyttä olisi kavennettava 10 %:lla, kun tämä sade on >350 mm, ja levennettävä 10 :%lla, milloin se on <250 mm.

Ilmastollisessa suhteessa ei ojaetäisyyteen kuitenkaan ole vaikuttamassa vain sademäärä, vaan myöskin haihtumismäärään vaikuttavat tekijät. Milloin Suomessa kesäkausi on sateinen, on se samalla myöskin yleensä kylmän kolea ja pilvinen. Tämän vuoksi tuntuu meillä suuremman sateisuuden vaikutus jyrkästi. Niinpä saattaa sateisimpina kesinä 15 metrin ojaetäisyys osottautua puutteelliseksi, kun samassa maalajissa kuivana kesänä taasen 22.5 m:m ojaetäisyys voi olla varsin riittävä. Eroa vuosisademäärässä saattaa tällöin olla vain n. 300 mm, josta kesäkauden osuudelle tulee n. 200 mm. Sateen vaikutus ojaetäisyyteen meillä näyttää siis monin verroin suuremmalta ZUNKERinkin esittämää määrää.

Sateen vaikutus ojaetäisyyteen riippuu ilmeisesti myöskin siitä, milloin ja millä tavoin sade tapahtuu. Jos voimakas, vaikkakin vain verrattain lyhyt sadekausi saattuu esim. ajalla, jolloin kasvien juuristo kehittyy voimakkaimmin, ja kasvu tämän vuoksi pääsee huonoon alkuun, vaikuttaa se huomattavassa määrässä satotulokseen huolimatta siitä, että kesä muuten on normaalinen. Eroa on myöskin siinä, tuleeko sade rankkana, jolloin siitä suuri osa juoksee pintavetenä pois tai ehtii painua salaojiin ennenkuin maassa olevat halkeamat ovat paisuneet kiinni vai päivittäisenä hiljaisena sateena, joka kokonaisuudessaan painuu maahan ja jolloin halkeamat painuvat kiinni ennen veden salaojiin tuloa.

ZUNKER on viimeisessä esityksessään asettanut ojaetäisyyden riippuvaksi yksinomaan talvipuoliskon sademäärästä. Ainakaan Suomessa ei tällä sademäärällä voi olla ojaetäisyyteen ratkaisevaa vaikutusta. Missä määrin lumivedet painuvat maahan ei nim. riipu yksinomaan lumimäärästä, vaan suureksi osaksi ja todennäköisesti pääasiassa kirren vahvuudesta ja siitä prosenttiosuudesta, millä jää täyttää maanhuokoiston sekä siitä nopeudesta, millä sulaminen tapahtuu keväällä. Milloin kirsi on syvälle ulottuva ja sen prosenttiosuus huokoistosta on suuri sekä sulaminen nopea, silloin lumivedet juoksevat pääasiassa pintaa pitkin pois eivätkä painu maahan;tällöin tietenkin on kuivatuksellisesti myöskin vähemmän merkitsevää, onko lunta paljon vai vähän.

Varmaankin lumivesilläkin on vaikutuksensa oja etäisyyteen; kuitenkin ovat meillä näyttäytyneet varsinaiset sulankauden sateet olevan tässä suhteessa määräävä.

Niin hyvin SCHILDKNECHtin kuin ZUNKERinkin ensimäinen esitys näyttävät meikäläisiä oloja silmällä pitäen antavan liian pienen merkityksen sateen vaikutukselle ojaetäisyyden määrääjänä; lisäksi he eivät tässä suhteessa tee eroa eri maalajeihin nähden. Toisessa esityksessään ZNUKER tekee sateen vaikutuksen riippuvaksi maalajien mukaisesta normaalioloja vastaavasta (ideelle) salaojaetäisyydestä, jolloin maiden laatukin pääsee vaikuttamaan ojaetäisyyksien mukaisessa suhteessa sademäärään osuuteen ojaetäisyyteen vaikuttavana tekijänä. Epäiltävää on kuitenkin, onko vielä tämänkään kautta maiden laadun vaikutus tullut riittävässä määrässä huomioon otettua; luultavampaa on, että paisumis- ja kutistumisilmiölle alttiissa kolloidimaissa sateen vaikutus aiheuttaa suhteellisesti suurempia eroavaisuuksia ojaetäisyyksissä kuin ei-kolloidisissa maissa.

Ojaetäisyyskokeiden yhteydessä saadaan ilmastollisia havaintoja tekemällä varsin vaivattomasti tämäkin tärkeä ojaetäisyyteen vaikuttava tekijä määrättyä.

Toinen ojaetäisyyteen vaikuttava tekijä, joka joutuu tähän etäisyystutkimukseen, on viljelystapa erilaisine viljelyskasveineen, muokkauksineen ja lannoituksineen. Kun koealueella tulee viljeltäväksi kaikkia tavallisimpia viljelyskasvejamme, saadaan tällöin selvyys kullekin kasville sopivimmasta ojaetäisyydestä. Tällöin voidaan myöskin suorittaa laskelmat siitä, mikä ojaetäisyys mitäkin kiertoa käytettäessä on tarkoituksen mukaisin.

Erilaisen muokkauksen ja lannoituksen vaikutuksen tutkimista ojaetäisyyskokeiden kannalta ei ole pidettävä aivan välttämättömänä. Kun näidenkin tekijäin tarkempi tuntemi-

nen on sopivimman ojaetäisyyden oikean määräämisen kannalta tarpeen, ja kun tällainen tutkimus voidaan käytännöllisesti suorittaa varsinaisen ojaetäisyyskokeen jälkeen, jossa on käytetty tavallista muokkausta ja lannoitusta, on myöskin syytä suorittaa se näiden yhteydessä.

Kun ZUNKER (8; 1928; 150) mainitsee esitettyjen kaavain antaman (ideelle) ojaetäisyyden soveltuvan peltoviljelykseen ja kulttuurilaitumilla voitavan käyttää 10 % ja puhtaassa niittyviljelyksessä 30 % suurempaa etäisyyttä, perustuu tämä aivan ylimalkaisiin havaintoihin eikä anna tarpeeksi yksikohtaisia ohjeita, ollakseen käytännöllisesti merkitsevä.

Tämän vuoksi olisi lähempi tutkimus tässäkin suhteessa varsin tarpeellinen.

Mitä tulee niihin lukuisiin muihin ojaetäisyyteen vaikuttaviin tekijöihin, kuten m. m. salaojasyvyyteen, maanpinnan viettävyyteen, ja sen ilmansuuntaan, kerrostumavesiin, lähteellisyyteen ja tulvanalaisuuteen toisaalta sekä maan kuivumista edistävien luontaisten reittien vaikutukseen toisaalta jne, on niidenkin huomiointi ojaetäisyyksien määräyksessä vielä varsin ylimalkaisen arvion varassa. Näistä tekijöistä on suuri joukko sellaisia, jotka ovat luonteeltaan niin kovin moninaisista ja vaikeasti määrättävistä tekijöistä riippuvia, ettei niihin nähden edes voida mitään kokeilevia, yleisohjeita antavia tutkimuksia järjestää. Toisaalta niiden joukossa on kyllä sellaisiakin, joiden suhteen lähempi tutkimus voidaan ja olisi suoritettava. Tällaisia ovat m. m. ojasyvyys sekä maanpinnan viettävyys ja sen ilmansuunta.

SCOTTin mukaan voidaan ojaetäisyyttä leventää jokaista 10 cm lisäsyvyyttä kohti 40—100 cm, KOPÉCKY—JANOTAN mukaan 70—155 cm ja SCHILDKNECHTin mukaan n. 70—300 cm, siten että taajinta ojitusta kaipaavissa maissa levennys on pienin ja harvempaan ojitettavissa maissa suurin. ZUNKERin (8; 1928; 38—131) mukaan on jokaista 10 cm:n lisäsyvyyttä kohti ojaetäisyyttä lisättävä

kevyissä maissa aina hietaviin hiesusavimaihin asti	10	%:lla
hiesusavimaissa	5	»
lihavissa savimaissa	3	» ,

eli n. 20—300 cm. Esitykset ovat siinä suhteessa samanlaisia, että etäisyyslisäys syvyyslisäykseen nähden on sitä suurempi, mitä harvempaa ojitusta maa kaipaa, joka varmaankin on aivan oikein; sen sijaan ovat itse lisäysmäärät varsin vaihtelevia. On sitä paitsi otettava huomioon, että kokeilussa Norjassa (112; 1926; 100) on saatu

tuloksia, joissa syvempi salaojitus osoittautui heikommin kuivattavaksi.

Parhaiten on tämäkin kysymys selvitettävissä eri maalajeihin nähden järjestettyjen kokeiden avulla. Varmaankin kuitenkin voidaan jo ojaetäisyyskokeiden yhteydessä tehtyjen sade-, pohjavesikorkeus- ja poisvirtaavien salaojavesien mittausten perusteella saada selville eri maalajien luontainen vedenläpäisykyky ja laskea sen perusteella, miten pohjavesikäyrä tällöin asettuu eri maalajeissa, ja siten myös melkoisella tarkkuudella laskea lisäsyvyyden vaikutus ojaetäisyyteen.

Myöskään Blauthin (91; 1903) esitystä salaojasyvyydellä esiintyvien eri maalajikerrostumien osuuteen nähden ojaetäisyyteen vaikuttavana tekijänä ei voida pitää teoreettisesti oikeana eikä käytännöllisen kokemuksenkaan perusteella paikkaansa pitävänä. Kaikissa maan vedenläpäisykaavoissa (katso sivua 104) esitetään nopeuden olevan suorassa suhteessa putoukseen. Tämän mukaan ei ole ojaetäisyyden kannalta yhdentekevää, onko joku maalaji salaojasyvyyteen nähden pintaosassa vai lähellä täyttä salaojasyvyyttä. Sen jälkeen kun on päästy selville eri maalajien vedenläpäisykyvystä, voidaan tämänkin tekijän vaikutus melkoisella tarkkuudella laskea.

Edellä olevasta selvinnee jo, mitenkä monessa suhteessa ojaetäisyyksien määräyksissä työskennellään vielä tätä nykyä varsin ylimalkaisiin havaintoihin perustuvan summittaisen harkinnan varassa tai moninaisiin otaksumiin perustuvien teoriojen nojalla, joilta puuttuu vastaavuutta käytännössä ja ovat siksi virheellisiä sekä johtavat erehdyttäviin tuloksiin ojaetäisyyksissä.

Jo usein mainittujen kokeiden ja tutkimusten avulla voidaan saada useihin tekijöihin nähden tarkempi selvyys ja sen kautta ojaetäisyyden määräys täsmällisemmälle pohjalle.

Ojaetäisyyteen vaikuttavien tekijöiden joukossa on kuitenkin monia sellaisiakin, joiden suhteen ei voida mitään yleisiä ohjeita antavia tutkimuksia suorittaa, vaan joiden vaikutus on aina arvioitava itse paikalla käytännöllisen harkinnan mukaan.

Järjestettävistä ojaetäisyyskokeista ja -tutkimuksista on tärkeimpänä pidettävä maiden laadun vaikutusta selvittelevää, vaikkakaan muidenkaan tekijöiden tutkimuksen merkitystä ei ole väheksyttävä. Mitä erikoisesti tulee salaojasyvyyteen, menettää kokeilu siihen nähden meikäläisissä oloissa suureksi osaksi merkitystään sen vuoksi, että meillä puhtaasti teknillisten syiden, kuten jäätymis- ja juuritukkeutumavaaran vuoksi on pakko käyttää jo melkoisen suurta syvyyttä, nim. Etelä-Suomessa 1.20 m ja Pohjois-Suomessa 1.40 m savimaillakin.

4. *Ojaetäisyyskokeista.*

Jo aikoja sitten ovat monet huomauttaneet salaojaetäisyyskenttäkokeiden tarpeellisuudesta. Niinpä v. 1890 MERL painosti tällaisten kokeiden tärkeyttä, v. 1906 FISCHER, v. 1908 FAUSER ja v. 1910 KRÜGER (113; 1929; 320—321).

Myöskin der Deutsche Ausschuss für Kulturbauwesen (UkBo) asettui v. 1926 FAUSERin esityksestä kannattamaan niiden järjestämistä (1926; 129). SCHILDKNECHTkin on lausunut, että »todella tarkoituksenmukaisia arvoja saadaan vain koekenttien avulla» (28; 1927; 15). Edelleen vuonna 1925 Pohjoismaisten maataloustutkijain yhdistyksen kulttuuriteknillinen osasto asetti komitean laatimaan yhdenmukaista salaojakokeiden järjestelyehdotusta neljää Pohjoismaata varten.

Sitä paitsi on tähän mennessä jo pantu käyntiinkin lukuisia ojaetäisyyskokeita. Niinpä ovat eri maiden suoviljelysyhdistykset järjestäneet useita kokeita suomaille. Näistä on kuitenkin suurin osa avo-ojaetäisyys- ja -syvyyskokeita, vain pienen määrän ollessa salaojakokeita.

Myöskin kivennäismailla on ainakin muutamia salaojaetäisyyskokeita jo suoritettu. Niinpä Norjassa professori HASUND järjesti v. 1913 lihavaan saveen nähden ($<0.02 = 85$ % ja $<0.002 = 45$ %) ojaetäisyys- ja syvyyskokeet Hvamissa, käyttäen etäisyyksiä 6, 9 ja 12 m sekä syvyyksiä 0.95, 1.10 ja 1.25 m, GLAERUM v. 1915 myöskin saveen nähden Voldissa ja BOYSEN 1924 hiesumaahan (mjaelejord) nähden Hvam'issa (112; 1926; 60—64).

Suomessa on järjestetty ojaetäisyyskoe savimaille Jokiniemen koelaitoksella 1912 käyttäen ojaetäisyyksiä 8, 10.5, 13 ja 15 m (74; 1917; 79).

Kuten edellä mainituista esimerkeistäkin jo havaitaan, on ojaetäisyyskokeiden tärkeys jo kauan sitten ja useissa eri maissa tuotu selvästi esiin. Se, että käytännössä tähän mennessä ei mainittua tutkimusta ole saatu kunnolliseen käyntiin, on oikeastaan ihmeteltävää. Varmaankin se on suureksi osaksi johtunut siitä, ettei maaperätutkimuksissa aikaisemmin ole päästy riittävästi selville maalajeista, niiden ominaisuuksista eikä levenemisestä. Nähtävästi osittain tämän vuoksi myöskin jo suoritetut ojaetäisyyskokeilut ovat jääneet jonkinlaisiksi paikallisiksi tunnusteleviksi tutkimuksiksi saavuttamatta suurempaa kantavuutta ja ohjetta antavaa merkitystä käytännössä.

Saavuttaakseen tällaisen yleisluontoisen ja laajemman käytännöllisen merkityksen täytyy kokeilu järjestää systemaattiseksi, kaikkia viljelyksellisesti merkitsevimpiä maalajeja käsittäväksi. Tämän

vuoksi on tällaisen kuivatuksellisen tutkimuksen suunnittelussa ensin päästävä yleisluontoiseen käsitykseen kunkin maan eri maalajeista ja niiden levinneisyydestä viljelysalueilla; tämä tutkimus voidaan suorittaa erikoisesti makroskooppisesti tai se voi nojautua jo suoritettuihin maaperätutkimuksiin ja käytännöllisessä kulttuuriteknillisessä toiminnassa saatuihin havaintoihin.

Seuraavana tehtävänä on ottaa näytteet tärkeimmistä maalajeista ja määrätä niiden ominaisuudet. Saatujen tulosten perusteella valitaan maalajeista kokeisiin ne, joiden kautta parhaiten saadaan esille maaperän kuivatuksellisesti merkitsevien ominaisuuksien jaksottaisen muuttumisen vaikutus ja jotka samalla ovat käytännöllisesti merkitsevimmät.

Tällaisten suorittamieni tutkimusten perusteella esitin v. 1924 Suomen Maatalouden koetoiminnan väliaikaiselle keskusvaliokunnalle laatimani ehdotuksen salaojituskokeiden ja tutkimusten järjestelystä, jossa ehdotuksessa ojaetäisyyskoe tuodaan esiin tärkeimpänä.

Tämän ehdotuksen mukaisia ojaetäisyyskenttäkokeita on täten saatu käyntiin v. 1925 lihavassa savessa, vastaten tämä tutkimuksen näytteitä 18—21, käyttäen salaojaetäisyyksiä 12.5—15—17.5—20—22.5 m ja avo-ojaetäisyyksiä 11.20—16.80—22.40 m sekä urpasavessa, näytteet 23 ja 24, käyttäen salaojaetäisyyksiä 15—20—25—30—35 m ja avo-ojaetäisyyksiä 12—24—36 m, v. 1926 tiiviissä hiesusavessa, näytteet 10—11, käyttäen salaojaetäisyyksiä 10—12.5—15—17.5—20 m ja avo-ojaetäisyyksiä 11—16.5—22 m ja savihiesussa, näytteet 7 ja 8, käyttäen salaojaetäisyyksiä 13—17—21—25 m ja avo-ojaetäisyyksiä 10—20—30 m, v. 1927 hiekkahiedassa, näytteet 3 ja 4, käyttäen salaojaetäisyyksiä 15—20—25—30 m ja avo-ojaetäisyyksiä 11—16.50—20 m.

Mutasuo- ja rahkasuokokeisiin nähden on suoritettu tähän mennessä vastà valmistavat tutkimukset.

Savilieju- ja muramaa on jätetty kokeilusta pois osaksi sen vuoksi, että niillä järvien ja merenlahtien pohjamaana on maanviljelyksellisesti pieni merkitys, osaksi sen vuoksi, että ne kuivuessaan voimakkaasti kutistuvina maina rakoillen huolehtivat itse kuivatuksestaan, jossa suhteessa kokeilu liejunsekaisessa urpasavessa on jo omiansa selventämään asiaa.

Voitaisiin myös katsoa, että olisi syytä järjestää kokeilu eri mutasuotyyppeihin ja niiden erilaiseen mutautumis- (huminositeetti) asteisiin nähden. Kokeilun tällä asteella ollessa olisi tutkimus tämän kautta kuitenkin laajentunut merkitykseensä verraten suhteettomasti.

Se, että somerikkomaat ovat kokonaan jääneet kokeilun ulkopuolelle, ei merkitse sitä, ettei näistä kokeista voitaisi saada ohjeita myös somerikkomaiden kuivatukseen. Niinpä hiekkahietamaa-kokeen tuloksia voidaan sovelluttaa somerikkohiedan kuivatuksessa ja tiiviin hiesusavikokeen antamia tuloksia somerikkosaven kuivatuksessa, tietenkin kuitenkin ottamalla huomioon näiden maiden poikkeava erikoisluonne.

Kokeiden alkujaksona on valmistava tutkimus, jonka tarkoituksena on tuoda esiin, missä määrin valitulla koealueella olosuhteet ovat viljelyksellisesti tasaluontoiset. Tämän selvittämiseksi on ennen koeojituksen suorittamista koealueella suoritettava 1) pohjavesihavaintoja, 2) vastaisia koeruutuja vastaavilta alueilta tehtävä satohavaintoja sekä 3) suoritettava kaikinpuolinen tutkimus k. o. maalajin fysikaalisiin ominaisuuksiin nähden vähintään täyteen salaojasyvyyteen saakka ja riittävän useista paikoista koealueelta, jota tulee vielä täydentää tarkan ruokamultavahvuuksien ja kemiallisen tutkimuksen avulla.

Vasta tällaisten valmistavien tutkimuksien perusteella saadaan riittävän objektiivinen pohja itse kokeilua varten ja kun se on valmis, voidaan sen jälkeen suorittaa koeojitus ja panna varsinaiset kenttäkokeet käyntiin.

Tutkimukseni tämän osan tarkoituksena ei ole käsitellä kokeiden järjestelyä eikä itse kokeilua, jotka tulevat esille tutkimuksen toisessa osassa.

Viittaan tässä suhteessa vain jo äsken mainitsemaani ehdotukseen salaojituskokeiden ja -tutkimusten järjestelystä, joka ehdotus on painettuna aikakausilehdessä Tidskrift för Finlands Svenska Lantmän N:o 24, 1925, »Dräneringsförsök och -undersökningar»- nimisenä.

Kirjallisuusluettelo.

1. Frosterus, Benj. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten I—V; Suomen geolog. toimisto. Geotekn. tiedonantoja N:o 11—14, Helsinki 1914.
2. Sauramo, Matti. Jääkaudesta nykyaikaan. Porvoo 1928.
3. Aarnio, B. Karjalohjan kirkonkylän eteläpuolella oleva seutu ja Immolan maatila. Suomen geologinen toimisto. Agrogeologisia karttoja N:o 1. Helsinki 1916.
4. Frosterus, Benj. Pohjanlahden (Pojo) pohjoisosan ympärillä oleva seutu ja Gummäs-Odnäsin sotilasvirkatalo. Agrog. karttoja N:o 2. Helsinki 1917.
5. Ekström, Gunnar. Allmänna termer och petrografisk jordartsindelning. Beretning om Nordiska Jordbrugsforskeres Forenings fjerde Kongress. Koebenhavn 1929.
6. Ekström, Gunnar och Flodkvist, Herman. Hydrologiska undersökningar av åkerjord inom Örebro län. Sveriges geologiska undersökning. Ser. C, N:o 334. Stockholm 1926.
7. Eskola, Pentti. Kidetieteen, mineralogian ja geologian alkeet. Porvoo 1921.
8. Zunker, F. Eignung der mechanischen Verfahren zur Bestimmung der Dränentfernung. Ergebnisse der dritten Untersuchung des Deutschen Ausschusses für Kulturbauwesen. Der Kulturtechniker; Heft Nr. 1. Breslau 1928.
9. Ekström, Gunnar. Klassifikation av svenska åkerjordar. Sveriges geologiska undersökning. Ser. C. N:o 345. Stockholm 1927.
10. Aarnio, B. Paimion pitäjä. Suomen geolog. komissioni. Agrogeologisia karttoja N:o 4. Helsinki 1924.
11. Frosterus, Benj. Savien konsistenssiominaisuudet. Suomen geologinen komissioni. Geoteknillisiä julkaisuja N:o 24. Helsinki 1924.
12. Aarnio, B. Mustiala. Suomen geologinen komissioni. Agrog. karttoja N:o 3. Helsinki 1920.
13. Aarnio, B. Hygroskooppisuus geeleissä Fe_2O_3, Al_2O_3 ja SiO_2 käsittelyn jälkeen eri lämmöissä. Suomen geologinen komissioni. Geoteknillisiä julkaisuja N:o 25. Helsinki 1924.
14. Aarnio, B. Etelä-Pohjanmaa. Valtion maatutkimuslaitos. Agrogeologisia karttoja N:o 5. Helsinki 1927.
15. Aarnio, B. Lounais-Suomen savityypit. Valtion maatutkimuslaitos. Agrogeologisia julkaisuja N:o 28. Helsinki 1927.
16. Sauramo, Matti. Studies on the quaternary varve sediments in southern Finland. Bulletin de la Commission géologique de Finlande. N:o 60. Helsinki 1923.

17. Sauramo, Matti. Suomen geologinen yleiskartta. Lehti B 2. Tampere. Suomen geologinen komissioni. Helsinki 1924.
18. Sauramo, Matti. Suomen geologinen yleiskartta. Lehti C 4. Kajaani. Suomen geologinen toimikunta. Helsinki 1926.
19, 20. Kopécky, Josef. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Sonderabdruck aus Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Berlin 1909 ja 1914.
21. Odén, Sven. Eine neue Methode zur mechanischen Bodenanalyse. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Berlin 1915. Band V.
22. Atterberg, A. Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Berlin 1912. Band II.
23. Schucht, F. Bericht über die Sitzung der internationalen Kommission für die mechanische und physikalische Bodenuntersuchung in Berlin am 31 Oktober 1913. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Berlin 1914. Band IV.
24. Rindell, Arthur. Maanviljelyskemian ja maanviljelysfysikan oppikirja. Porvoo 1920.
25. Richter, G. Die Ausführung mechanischer und physikalischer Bodenanalysen. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Berlin 1916. Band VI.
26. Krauss, G. Die dem Prager Bodenkundlichen Kongress im April 1922 vorgetragene Neue Methode zur Korngrössenbestimmung von Mineralböden, u. s. w. Der Kulturtechniker. Nr. 2/3. Breslau 1923.
27. Odén, Sven. Methods to determine the Size Distribution of Soil Particles. Actes de la IVème conférence internationale de pédologie. Rome 1926.
28. Schildknecht, Hermann. Die mechanische Bodenanalyse und ihre Anwendung auf die schweizerische kulturtechnische Praxis. (Sammlung der Vorträge des ersten Fortbildungskurses der Konferenz schweizerischer Kulturingenieure vom 8. u. 9 April 1926 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich). Brugg 1927.
29. Freckmann, W. und Janert, H. Bericht über die Prüfung der zur Normung vorgeschlagenen Bodenuntersuchungsmethoden hinsichtlich ihrer Eignung zur Ermittelung der Strangentfernung bei Dränungen; Der Kulturtechniker. Heft Nr. 1. Breslau 1925.
30. Rothe, J. Bericht über die 4. Sitzung des Unterausschusses für kulturtechnische Bodenuntersuchung (UkBo) des Deutschen Ausschusses für Kulturbauwesen. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 4. Breslau 1928.
31. Schubert, Hellmuth. Einfluss der Vorbehandlung der Böden auf die Ergebnisse der mechanischen Bodenanalyse. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 3. Breslau 1929.
32. Warén, Harry. Soiden käytännöllistieteellinen tutkiminen. Suomen Suoviljelysyhdistyksen tieteellisiä julkaisuja N:o 6. Helsinki 1925.
33. Frosterus, Benj. Suomen maaperä. Geologinen komissioni. N:o 34. Helsinki 1922.
34. Trnka, Rudolf. Eine Studie über einige physikalischen Eigenschaften des Bodens. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Heft 4/5. Berlin 1914.
35. Krüger, E. Die Bedeutung und Ermittelung des Raumgewichts bei bodenkundlichen Arbeiten. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Heft. 5/6. Berlin 1921.
36. Ramann, E. Bodenkunde. Berlin 1911.
37. Zunker, F. Ueber das Schwinden und Quellen der Böden und ein neues Bodenuntersuchungsverfahren. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 6. Breslau 1928.

38. Janert, H. Neue Methoden zur Bestimmung der wichtigsten physikalischen Grundkonstanten des Bodens. Landw. Jahrbücher. Heft 3. Berlin 1927.
39. Zunker, F. Die spezifische Oberfläche des Bodens als Grundlage für die Normung der Dränentfernung. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 2/3. Breslau 1923.
40. Mitscherlich, Eith. Alfred. Bodenkunde. Berlin 1920.
41. Albert, R. u. Bogs, O. Beiträge zur Methodik der Bodenuntersuchung. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Heft 2/3. Berlin 1914.
42. Krüger, E. Verfahren zur Bestimmung des Einheitsgewichtes von Böden. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Berlin 1916.
43. Börnstein, Rickard und Meyerhoffer, Wilhelm. Landolt-Börnstein Physikalisch-Chemische Tabellen. Berlin 1905.
44. Krüger, E. Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1921.
45. Solnar, Otakar, Pohyb vody v půdě a působení drenáži. V Prage 1927.
46. Frosterus, Benj. Saviteknillisiä tutkimuksia. Suomen geologinen toimisto. Geoteknillisiä tiedonantoja N:o 9. Helsinki 1913.
47. Atterberg, A. Die Plastizität der Tone. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Heft 1. Berlin 1911.
48. Johansson, Simon. Die Festigkeit der Bodenarten bei verschiedenem Wassergehalt. Sveriges geol. undersökning. Ser. C. N:o 256. Stockholm 1914.
49. Statens järnvägars geotekniska kommission 1914—22. Slutbetänkande. Statens järnvägar. Geotekniska meddelanden 2. Stockholm 1922.
50. Janota, Rudolf. Die Arbeiten der Pedologen bei Bodenmeliorationen. Actes de la IVème conférence internationale de pédologie. Vol. II. Rome 1926.
51. Flodkvist, Herman. Täckdikningens betydelse för vårt jordbruk. Stockholm 1922.
52. Zunker, F. Kritik des württembergischen Verfahrens nach Kopécky und Kritik des Verfahrens Krauss. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 2/3. Breslau 1923.
53. Frosterus, Benj. Suomen saviaines geologisena muodostumana ja teknillisenä tuotteena. Suomen geologinen toimisto. Geotekn. tiedonantoja N:o 6. Helsinki 1910.
54. Zunker, F. Beziehung zwischen Bodenbeschaffenheit und Entfernung der Sauger von Dränungen. Landwirtschaftliche Jahrbücher. Sonderabdruck. Berlin 1921.
55. Zunker, F. Die Bedeutung und Bestimmung der spezifischen Oberfläche des Bodens. Actes de la IVème conférence internationale de pédologie. Rome 1926.
56. Aarnio, B. Maaperäsuhteet kasvituotannon edellytyksenä. Maa ja Metsä. I osa. Porvoo 1928.
57. Krauss, G. Die Vervollkommnung des Spül- und Sedimentationsverfahrens. Der Kulturtechniker. Heft N:o 1. Breslau 1925.
58. Neugebohren, Arnold. Die Bestimmung der Bodenoberfläche durch Flüssigkeitsadsorption. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 4. Breslau 1927.
59. Janert, H. Neue Methoden zur Bestimmung der wichtigsten physikalischen Grundkonstanten des Bodens. Landw. Jahrbücher. Berlin 1927.

60. Schönwälder, Bruno. Die Rieselfeldanlage in ihrer Abhängigkeit von der Wasserdurchlässigkeit des Bodens. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 5. Breslau 1928.
61. Feilberg, Aa. og. C. L. Kulturteknisk Vandbygning. Koebenhavn 1921.
62. Johansson, Simon. Undersökning över vattnets rörelse i sandjord. Sveriges geol. undersökning. Ser. C. N:o 243. Stockholm 1913.
63. Sahlström, K. E. Några försök angående jordarternas permeabilitet i naturen. Sveriges geol. undersökning. Ser. C. N:o 245. Stockholm. 1913.
64. von Sigmond, A. A. J. Neuere Erfahrung über einige physikalische Bodenbestimmungsmethoden. Actes de la IVème conférence internationale de pédologie. Rome 1926.
65. Freckmann, N. und Janert, H. Eine für die kulturtechnische Praxis brauchbare Methode zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit im gewachsenen Boden. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 3. Breslau 1924.
66. Kozeny, S. Über den kapillaren Aufstieg des Wassers im Boden. D. Kulturtechniker. Heft Nr. 1. Breslau 1924.
67. Kozeny, Josef. Über kapillare Leitung des Wassers im Boden. Wien 1927.
68. Zunker, F. Zum kapillaren Aufstieg des Wassers im Boden. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 4. Breslau 1924.
69. Versluys, J. Die Kapillarität der Böden. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Heft 3/4. Berlin 1917.
70. Lüdecke. Ueber die Wasserbewegung im Boden, die mechanische Bodenanalyse und ihre Benutzung zur Bestimmung der Strangentfernung. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 2. Breslau 1909.
71. Krüger, E. Ueber die Verteilung des Wassers im Boden bei Aufstieg (Kapillarität) und Abstieg (Versickerung). Der Kulturtechniker. Heft Nr. 3. Breslau 1925.
72. Bonacker, Walter. Beiträge zu Bodenuntersuchungen für kulturtechnischen Zwecke, besonders die Strangentfernung bei Dränungen. Königsberg 1928.
73. Atterberg, A. Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. Heft 4. Berlin 1912.
74. Hallakorpi, I. A. Maan kuivatus, Porvoo 1916.
75. Keso, Lauri. Salaojituksen merkitys maanviljelyksessä ja salaojitustyöt. Porvoo 1923.
76. Aarnio, B. Maaperäsuhteet kasvituotannon edellytyksenä. Maa ja Metsä. I osa. Porvoo 1928.
77. Schildknecht, H. Wie der Praktiker Dränentfernungen schätzt. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 2. Breslau 1929.
78. von Post, Lennart och Granlund, Erik. Södra Sveriges torvtillgångar. Sveriges geol. undersökning. Ser. C. N:o 335. Stockholm 1926.
79. Suomen virallinen tilasto III. Maatalous. Helsinki 1920.
80. Frosterus, Benj. Maalajien pinta-ala Uudenmaan läänissä. Geolog. toimisto. Geotekn. tiedonantoja N:o 28. Helsinki 1921.
81. Suomen maataloutta kuvin ja kartoin. Porvoo 1925.
82 a. Perels, Emil. Handbuch des Landw. Wasserbaus, II Aufl. Berlin 1884.
82 b. Perels, Emil. Abhandlung über Kulturtechnik. Jena 1889.

83. Kopécky, Josef. Die Bodenuntersuchung zum Zwecke der Drainagearbeiten. Prag 1901.
84. Spöttle, Jos. Landwirtschaftliche Bodenverbesserungen (Meliorationen). Der Wasserbau, III. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften. Franz Kreuter. Leipzig 1911.
85, 86. Vincent, L. Bewässerung und Entwässerung. Berlin 1890 u. 1926.
87. Kornella, Andreas. Die mechanische Bodenanalyse im Laboratorium im Landes-Meliorations-Bureau in Lemberg. Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst. Wien 1902.
88. Schewior, Georg. Die Bodenmelioration. II Teil. Leipzig, 1910.
89 ja 90. Vogler, Ch. August. Grundlehren der Kulturtechnik. Berlin 1903 ja 1909.
91. Blauth, Jan. Über den Abstand der Drains. Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst. Wien 1903.
92 ja 93. Friedrich, Adolf. Kulturtechnischer Wasserbau. 1907 ja 1923.
94. Fauser, Otto. Beiträge zur Frage des kulturtechnisch-pedologischen Versuchswesens. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 4. Breslau 1908.
95. Fauser, Otto. Aktuelle Probleme der Kulturtechnik. Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft. Heft 4. Berlin 1927.
96. Bersch, Wilhelm. Handbuch der Moorkultur. Wien u. Leipzig 1909.
97. Breitenbach, Robert. Die Bestimmung der Dränentfernung auf Grund der Hygroskopizität des Bodens. Königsberg 1911.
98. King, F. H. Irrigation and drainage. New York 1918.
99. Aspegrén, S. Handledning vid dikning. Stockholm 1920.
100. Janota, Rudolf. Nové poznatky v meliorov ání půdy (Neue Erfahrungen in Bodenmeliorationen) Časové spisky ministerstva zemědělstvi. V Praze 1924.
101. Robb, Byron Burnett and Behrens Frederick Gardner. Farm Engineering. New York 1924.
102. Schroeder. Die Bestimmung der Dränentfernungen auf Grund von Bodenuntersuchungen. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 1. Breslau 1924.
103. Rothe, J. Die Strangentfernung bei Dränungen. Landwirtschaftliche Jahrbücher. Heft 3. Berlin 1924.
104. Claus, H. Dränung und Wünschelrute. Die Kurzdränung. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 1. Breslau 1925.
105. Schroeder. Schrittweise Dränung. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 5. Breslau 1928.
106. Rothe, J. Die Strangentfernung bei Dränung im Mineralboden. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 2. Breslau 1929.
107. Schildknecht, H. Zur gefühlsmässigen Klassifikation der Böden. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 4. Breslau 1928.
108. Korhonen, W. W. Untersuchungen über die Niederschlagshöhe in Finnland. Suomen Valtion Meteorologisen Keskuslaitoksen toimituksia. Helsinki 1921.
109. Frank, O. Grundvattenståndsförsöken vid Experimentalfältet. Åren 1920—1928. Meddelande N:o 353 från Centralanstalten f. försöksv. på jordbruksområdet. Stockholm 1929.
110. Fauser, Otto. Zur Frage der Wünschelrutendränung. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 5/6. Breslau 1929.

111. Zunker. Ueber die Wünschelrutendränung. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 5/6. Breslau 1929.
112. Lende-Njaa, Jon. Gröftning og vatning. Hektograferade förelösningar. Oslo 1926.
113. Fauser, Otto. Vorschläge für die internationale Ausgestaltung des Dränungsversuchswesens. Mitteilungen der Intern. Bodenkundlichen Gesellschaft. N:o 4. 1929.
114. Rothe, J. Bericht über die 4. Sitzung des Unterausschusses für kulturtechnische Bodenuntersuchung (UkBo) des Deutschen Ausschusses für Kulturbauwesen. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 4. Breslau 1928.
115. Zunker, F. Die diesjährigen Ergebnisse der im Deutschen Ausschuss für Kulturbauwesen durchgeführten Untersuchungen zur Bestimmung der Dränentfernung nach der mechanischen Bodenanalyse und mit dem Sickerzeitbestimmungsapparat. Der Kulturtechniker. Heft Nr. 6. Breslau 1926.
116. Zunker, F. Die Bestimmung der sp. Oberfläche des Bodens. Landw. Jahrbücher. Sonderabdruck. Berlin 1923
117. Ramsay, Wilhelm. Finlands geologiska utveckling. Helsingfors 1900.
118. Wiegner, Georg. Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung. Dresden und Leipzig 1926.

Deutsches Referat.

KULTURTECHNISCHE BODENUNTERSUCHUNGEN MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER STRANGENTFERNUNG

DIE ACKERBAULICH WICHTIGSTEN BODENARTEN FINNLANDS DIE BEIM BESTIMMEN DER STRANGENTFERNUNG ANGEWANDTEN METHODEN

VON
LAURI KESO

Inhaltsverzeichnis.

S.

Vorwort 273
Einleitung 273

A. *Die Eigenschaften der untersuchten Bodenarten* 274
1. Die Auswahl der zur Untersuchung genommenen Bodenarten .. 274
2. Ort und Zeit der Probeentnahme 274
3. Entnahme der Proben 275
4. Beobachtungen bei der Probeentnahme 277
5. Mechanische Bodenanalyse 278
6. Bestimmung des Humusgehaltes 281
7. Das Gewicht des Bodens 281
8. Die Porosität des Bodens 282
9. Die Wasserkapazität und Hygroskopizität des Bodens 283
10. Die Konsistenzeigenschaften des Bodens 285
11. Die Trockenschwindung des Bodens 285
12. Die Teiloberfläche des Bodens 286
13. Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens 290
14. Das Steigen des Wassers im Boden 292
15. Die chemische Zusammensetzung des Bodens 297
16. Die Klassifikation der Bodenarten 298
17. Die Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten 305
18. Die makroskopische Bestimmung der Bodenarten 305
19. Die Verbreitungsgebiete und die Ausdehnung des Anbaues der verschiedenen Bodenarten 307

B. *Die beim Bestimmen der Strangentfernung angewandten Methoden* 308
1. Frühere Vorschlage über Strangentfernungsbestimmungen 308
2. Die Anpassung der Verfahren zur Strangentfernungsbestimmung auf die bei der Untersuchung behandelten Bodenarten 309
3. Die Anwendbarkeit der Verfahren zur Bestimmung der Strangentfernungen 314
4. Strangentfernungsversuche 326

Vorwort.

Schon die Verschiedenheit der klimatischen Verhältnisse — bedingt durch die niedrigere Temperatur und die kürzere Wachstumsperiode, — wie auch die andersartige Kultur in Finnland bieten einen hinreichenden Anlass zur kritischen Prüfung der Frage, wie die bei der Bestimmung der Strangentfernungen der Dränungen im Auslande befolgten Theorien den finnischen Verhältnissen entsprechend praktisch verwendbar wären.

Jedoch nicht aus diesem Grunde wurde vorliegende Untersuchung vorgenommen, sondern hauptsächlich deshalb, weil die Grundlage der geltenden Theorien nicht geeignet erscheint in der Praxis eine richtige Grundlage für die Schätzung der Entwässerungsbedürftigkeit verschiedener Bodenarten abzugeben.

In Finnland findet sich der grösste Teil aller Kulturen auf einer beschränkten Zahl typischer Bodenarten.

Dies ermöglicht die Erzielung befriedigender Ergebnisse durch die Ausführung eingehender Untersuchungen über die Haupttypen der Bodenarten. Die erforderlichen Untersuchungen sollten vor allem die physikalischen Eigenschaften der Bodenarten, aber auch das Anstellen direkter Versuche in Bezug auf die für jede Bodenart passende Strangentfernung ermitteln. Durch solche Untersuchungen und Versuche würde die Beziehung der Bodenbeschaffenheit zum Entwässerungsbedürftigkeit klar hervorgehen, und in jeder Bodenart liesse sich die vorteilhafteste Strangentfernung bestimmen.

Aufgabe des ersten Teils vorliegender Arbeit ist vor allem nur: die Darlegung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der kulturell wichtigsten Bodenarten, sowie eine Erörterung der Frage, welche Voraussetzungen für die Verwendbarkeit der beschriebenen, bisher üblichen Verfahren bei uns existieren und inwieweit dieselben überhaupt zweckgemäss sind.

Einleitung.

Bei den Hauptaufgaben der Kulturtechnik — der Entwässerung und der Bewässerung — ist die bedeutungsvollste Eigenschaft des Bodens seine Wasserdurchlässigkeit. Diese hängt von mehreren verschiedenen physikalischen Eigenschaften des Bodens ab.

Die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften des Bodens ist bei kulturtechnischen Unternehmungen auch vom bau- und arbeitstechnischen Standpunkt aus nötig.

Da die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Teilnehmer an gemeinsamen Entwässerungsunternehmungen meistens auch zu den Obliegen-

heiten der Kulturtechniker gehört, müssen diese auch den Kulturwert der verschiedenen Bodenarten kennen.

Bei der Tätigkeit des Kulturtechnikers werden seine bodenkundlichen Kenntnisse also äusserst vielseitig in Anspruch genommen, und es erschien mir deshalb zweckdienlich bei dieser Serienuntersuchung möglichst viele Eigenschaften der Böden zu beachten und zu bestimmen.

Die Bodenformationen Finnlands stammen hauptsächlich aus der letzten Eisperiode, die im Lande herrschte, und aus der postglazialen Zeit.

Kulturtechnisch ist es bedeutsam, dass die älteren Bodenarten der Eiszeit eine dichtere Struktur als die postglazialen Böden zeigen. In den ursprünglichen, beim Schmelzen der Gletscher entstandenen Bodenarten haben dann sekundäre Umbildungen stattgefunden. Diese waren teils mechanischer, teils chemischer Art, und unter ihrem Einfluss haben sich entweder direkt neue Bodenarten bilden oder nur gewisse Veränderungen in den schon entstandenen Bodenarten bewirkt werden können.

Bodenablagerungen, in denen solche Umbildungen unter dem Einfluss der Vegetation und der Atmosphäre vor sich gegangen sind, heissen »Podsolböden» und die umgebildete Ablagerung »Boden» (Finn. mantu; schwed. jordmån), und sie werden, wie folgt, eingeteilt (1; 1914; 9):

A_1	Rohhumus	eluvialer	Horizont
A_2	Bleicherdeschicht	eluvialer	Horizont
B_1	Braun-(Rost-) erdeschicht	illuvialer	»
B_2	Ortstein	illuvialer	»
C	Untergrund	unverwitterter	Horizont.

Infolge von Finnlands kühlem Klima, der Schwerlöslichkeit seiner Mineralien, der feinen Textur mehrerer seiner kultivierbaren Bodenarten, des verhältnismässig jugendlichen Alters der Böden und der Höhe seiner Grundwässer sind diese in den Bodenarten erfolgten Bodenumbildungen relativ wenig durchgreifend und nur wenig tief reichend, besonders hinsichtlich der in Kultur genommenen Böden.

A. Die Eigenschaften der untersuchten Bodenarten.

1) *Die Auswahl der zur Untersuchung genommenen Bodenarten.*

Auf Grund meiner praktischen kulturtechnischen Erfahrung und der von mir ausgeführten vorbereitenden Bodenuntersuchungen wählte ich für meine detaillierte Bodenuntersuchung und Strangentfernungsexperimente die agrikulturell wichtigsten Bodenarten und richtete gleichzeitig mein Augenmerk darauf, dass diese in Bezug auf ihre Eigenschaften in angemessener Abstufung eine Reihe bildeten.

2) *Ort und Zeit der Probeentnahme.*

Nummer und Bodenart der Proben, Lage, Höhe der Entnahmestelle oberhalb von NN, ferner Entnahmezeit, geologische Abstammung, lokale Terraingestaltung, Gefäll, Himmelsrichtung der Geländeneigung und Vegetation sind aus Tabelle I, aus der beigefügten Übersichtskarte, Abb. 1 und den Spezialkarten, Abb. 2—14 (S. 15—25), ersichtlich.

3) *Entnahme der Proben.*

Nach meiner Ansicht genügt es für kulturtechnische Zwecke nicht, nur eine oder zwei gesonderte Proben aus dem Boden zu entnehmen, sondern ich habe für wichtig gehalten, das Bodenprofil vollständig zu kennen. Deshalb sind bei der Untersuchung die Bodenproben nacheinander, je 1.20 m tief, entnommen worden.

Auch habe ich solche Proben, in welchen der Boden zerkrümelt und die natürliche Struktur verloren geht, weder zweckdienlich, noch geeignet gefunden. Weil daher die üblichen Probeentnahmeapparate zur Entnahme sich nicht eigneten, wurde ich gezwungen, ein neues Verfahren auszudenken.

Nach vielem Experimentieren erfand ich schliesslich folgende Vorrichtung, die von mir seit 1922 bei Probeentnahmen angewandt wird.

Zu dem Probeentnahmeapparate gehören 6 aus Messing angefertigte Rahmen, deren Höhe genau 20 cm, die Breite 10 cm und die Tiefe 5 cm beträgt, Abb. 17 (S. 28). Die mit einem solchen Rahmen entnommene Probe enthält also 1 dm^3 oder 1 000 cm^3 Erde, was zur Vereinfachung der Berechnungen angetan ist. Zur Probeentnahme werden diese Rahmen in eine aus Stahl gefertigte Schutzform gelegt, deren an der Erdseite gelegener Rand scharf geschliffen ist und deren Innenseitenmaasse genau 20 und 10 cm sind; der Abstand der Schneidekante von der Rahmenkante beträgt 2 cm, und der obere Rand des Schutzes ist 1 cm von der gegenüberliegenden Rahmenkante entfernt, Abb. 18.

Zur Probenentnahme wird mit einem Spaten zunächst eine c. 0.50 m breite und 1.50 m tiefe Grube gemacht, deren Seiten- und Hinterwand vertikal sind und die andere Stirnwand stufenförmig ist. Nachdem an der gut geglätteten Grubenwand mit einem Messer wagerechte Linien in je 20 cm Abstand gezogen worden — die erste Linie c. 22 cm von der Oberfläche —, werden die Proben von oben nach unten zu in der Reihenfolge und im Verhältnis zueinander entnommen, wie Abb. 19 (S. 29) zeigt.

Man kann die Proben nicht in senkrechter Richtung ganz übereinander nehmen, da die Aussenränder des Apparates bei der Entnahme Erde abbrechen. Die geringe Abweichung in der Bodenbeschaffenheit, die infolgedessen hauptsächlich in geschichteten Böden an verschiedenen senkrechten Probeentnahmestellen entstehen könnte, lässt sich dadurch vermeiden, dass man von der deutlich sichtbaren Wand eine in der ganzen Entnahmebreite qualitativ vollkommen gleichartige Stelle auswählt.

Die eigentliche Probeentnahme geschieht so, dass die Schutzform samt Rahmen oberhalb der ersten Horizontallinie, die Längsrichtung in vertikaler Lage, angelegt und leicht in die Erde gedrückt wird. Während die Form genau an ihrem Platz gehalten wird, legt man quer über dieselbe ein c. $^1/_2$ Zoll dickes Brett, gegen welches das untere Ende einer Automobilschraubenwinde gestemmt wird, während man das andere Ende der Winde gegen eine längs der gegenüberliegenden Wand aufgestellte Planke stemmt, wie aus Abb. 20 (S. 30) zu ersehen ist. Vorsichtig die Winde drehend, drückt man den Apparat in den Boden. Um das Eindringen zu erleichtern und um kontrollieren zu können, dass an der Schnittstelle keine Steine sind, ist es geraten, mit einem Tischmesser den Boden von der Aussenseite dünn abzuschaben; dies darf jedoch nicht tiefer geschehen, als die Schneiden des Apparates gehen, damit der Boden nicht zerbricht. Wenn der Apparat so tief hineingedrückt ist, dass der Hintergrund des Unterlagebrettes der Schraubenwinde die Erdfläche berührt, ist es genügend.

Wenn die Oberfläche des Probebodens innerhalb der Form gleich hoch mit der Bodenoberfläche ausserhalb geblieben ist, so hat in der Probe keine Zusammen pressung stattgefunden; durch Messen lässt sich dies auch in jedem beliebigen Augenblick schon bei der Entnahme kontrollieren. Wenn die Probe eine so geringe Tiefe bei relativ grossem Flächenraum aufweist, wie es bei Anwendung des betr. Apparates der Fall ist, so ist die Zusammenpressungsgefahr nicht gross; ich habe dies bei der Probeentnahme nur drei Mal in Mineralböden wahrgenommen, nämlich 2 Mal in fettem Ton und 1 Mal in Bröckelton infolge von Spaltenbildung. In Torfböden hingegen gelingt die Probe auch mit diesem Apparat, so wie er ist, nicht; in diesen Böden wandte ich den blossen Messingrahmen an und trennte bei der Probeentnahme mit einem scharfen Tischmesser längs der Innenseiten des Rahmens so weit einen Spalt ab, als die Probe eindrang. Auf diese Weise gelang die Probeentnahme tadellos.

Wenn die Form bis zu voller Tiefe hineingedrückt ist, so wird sie mit dem Spaten von hinten wieder losgelöst. Das Herausnehmen des Rahmens mit der eigentliche Bodenprobe aus der Schutzform geschieht auf die Weise, dass die Schneidemesser zunächst beiderseits auf ihren Platz geschoben werden, Abb. 18 a. u. b. (S. 28). Hierauf wird der Rahmen, indem man ihn vorsichtig gegen die Kante eines auf den Boden gesteckten Brettes drückt, herausgepresst, Abb. 21 (S. 31). Es ist ratsam, vorher mit einem Tischmesser den beiderseits der Probe befindlichen überflüssigen Boden möglichst dünn abzuspalten; danach tun die Schneidemesser gute Dienste. Die Messer müssen von der Schneideseite dünn und glatt sein. Von den ohne Schutzformen genommenen Torfproben wird der überschüssige Boden mit einem scharfen Tischmesser entfernt.

Die Proben nebst Messingrahmen legte ich, je nachdem sie fertig wurden, in Furnierschachteln und bedeckte sie mit Pergamentpapier, wobei ich genau darauf achtete, dass die Bodenoberflächen der verschiedenen Proben nicht mit einander in Berührung gerieten. Unmittelbar nach der Entnahme wurden alle sechs Proben an den nächsten windgeschützten Platz gebracht und das Abwiegen jeder Probe nebst Rahmen auf einer 3 kilo-Wage vorgenommen, worauf die Proben fertig zu weiteren Untersuchungen waren.

Als erste Untersuchung an der entnommenen Probe folgte die Durchlässigkeitsermittelung. Nachdem ich später zu einem negativen Ergebnis hinsichtlich der Zweckmässigkeit dieser Versuche gekommen war, liess ich dieselben fort und tauchte die Probe nebst Rahmen auf c. 12 Stunden in Wasser. Danach wurde die Probe mitsamt Rahmen abermals gewogen und die Probe aus dem Rahmen in einen besonders angefertigten Kasten mit Fächern herausgedrückt, Abb. 22 (S. 32), in dem sämtliche Boden dann in das Laboratorium befördert wurden. Hier liess man sie an der Luft trocknen, bis das Gewicht konstant wurde.

Hierauf wurde die in den Proben erfolgte Schwindung gemessen. Der Boden für die Schlämmanalyse wurde von der Seite jeder Probe ihrer ganzen Länge nach entnommen, desgleichen zur Bestimmung der Feuchtigkeit im lufttrockenen Zustande, des spezifischen Gewichts und pH, sowie des Glühverlusts, und endlich zwecks chemischer Untersuchung.

Im Zusammenhang mit der Probenentnahme auf dem Feld wurden Beobachtungen über die Schwierigkeit der Bodenaufgrabung aufgestellt wie auch über die Strukturveränderungen des losgelösten Bodens, nachdem er beiseite geworfen worden war. Zugleich wurde auch die Bodentemperatur gemessen.

Ferner wurden Durchlässigkeitsbestimmungen unter Anwendung der schwedischen Methode (S. 110—111) neben dem Probegraben ausgeführt. Ausserdem wurden von den verschiedenen Bodenarten 40, 80 und 120 cm lange Proben für das Studium der Kapillarität entnommen, über deren Entnahme eine genauere Erläuterung weiter unten folgt.

4) *Beobachtungen bei der Probeentnahme.*

Schon bei der Entnahme der Probe lassen sich oft beträchtliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Bodenarten beobachten. Solche Abweichungen zeigen sich u. a. in der Struktur, der Aufgrabeschwierigkeit, den Strukturveränderungen des beiseitegeworfenen Bodens, auch in Farbe und Geruch. Ausserdem führt Aufmerksamkeit bei der Probeentnahme u. a. zu Beobachtungen über die durch Bodentiere und das Wurzelwerk der Pflanzen entstandenen Löcher und über neuaufgefüllte Bodenspalten, welche alle für die makroskopische Kennzeichnung der Bodenarten wichtig sind.

Die Struktur kann u. a. locker, fest, dicht, bröckelig, geschichtet, ortsteinartig, fest- oder weichseifig oder breiig sein. Diese das Aussehen und die Festigkeit der Struktur kennzeichnenden Beobachtungen werden in Bezug auf die Festigkeit durch Schätzung der Aufgrabeschwierigkeit vervollständigt; die diesbezügliche von mir benutzte Klassifizierung findet sich auf Seite 176—177 näher beschrieben.

Die in den verschiedenen Bodenarten stattfindenden Strukturveränderungen des ausgegrabenen und beiseitegeworfenen Bodens bilden oft besonders gute Merkmale; manche Bodenarten zerfallen zu einzelkörnigem Pulver, andere zu mehr oder weniger regelmässigen Krümeln oder Stücken, während wiederum bei anderen Bodenarten die Ausstichstücke in höherem oder geringerem Grade ihre Form behalten. Derartige Strukturveränderungen hängen häufig auch von dem Feuchtigkeitszustand des Bodens ab, weshalb in der die makroskopischen Beobachtungen darstellenden Tabelle II, S. 32, auch die Entnahmefeuchtigkeit der Proben als Volumprozente aufgenommen worden ist; eine genauere Auseinandersetzung der Feuchtigkeitsverhältnisse findet sich auf S. 72—80, sowie im Zusammenhang mit der Kapillaritätsuntersuchung auf S. 131—165.

In Bezug auf Torfböden habe ich einen Bericht über die makroskopischen Beobachtungen nicht für notwendig gehalten.

Als Ergänzung zu den in Tabelle II dargestellten makroskopischen Beobachtungen sei noch folgendes erwähnt:

In dem Feinsandboden, Probe 1, zeigten sich in der senkrechten Schnittfläche etwas tonig aussehende dünnere und etwas stärkere (5 cm) linsenartige Ortsteinablagerungen, und der untere Teil der Teilprobe I_V war ein wenig fester, wenn auch noch nicht Hackenboden.

In dem Feinsandboden, Probe 2, traten tiefer unten dünne, kleine, etwas hackenbodenartige Eisenanreicherungen auf.

In dem der Probe 6 entsprechenden Boden blieben die Teilproben 6_{II} und 6_{III} am Spaten haften und 6_{IV} war feucht; im Oberteil von 6_{IV} und 6_V zeigten sich feste Ton- und Eisenanreicherungen.

Probe 9 machte, von aussen gesehen, im Grossen und Ganzen einen durchaus etwas lehmartigen Eindruck. Auf der Grenze von 9_{IV} und 9_V war die schwarzhumusreiche Schicht sichtbar feucht.

In den geschichteten Schlufflehmböden, den Probeböden 10—13, waren deutlich schmale, wieder mit einem blaugrün-grauem Material ausgefüllte Risse zu beobachten. Auch Wurzel- und Wurmlöcher fanden sich hier und da; die Probe 13 zeigte im Oberteil Risse von 2 mm.

Der Schlufflehmboden, Probe 14, war Ueberschwemmung ausgesetzter Boden.

In dem fetten Schlufflehmboden, Probe 15, wo ein noch tätiger Drän von 0.87 m Tiefe war, kamen keine offenen Risse vor, und die Proben 15_V und 15_{VI} glitten vom Spaten ab.

Die fetten Tonböden, Probe 16—21, klebten ein wenig am Spaten.

In dem fetten Tonboden, Probe 17, zeigten sich während der Probeentnahme 1—3 mm breite Risse in den Proben 17_{I-III}.

In den Bröckeltonböden, den Proben 22—24, war der Boden klebrig und die Probeentnahme schwierig. Besonders in den Oberflächenproben zeigte der Boden etwas Neigung am Spaten zu kleben.

In dem Güttjaboden, Probe 25, der aus einer Vorflutböschung entnommen war, zeigten sich in den Proben 25_{III} und 25_{IV} pro Breitenmeter c. zwei 4 cm breite vertikale Risse. In der Grenze der Proben 25_{IV} und 25_V war eine fein- und grobsandige Schicht, in der auch Steine zu sehen waren. In den oberen, ausgetrockneten Schichten haftete der Boden etwas am Spaten.

Die Dübodenprobe 27 zeigte bereits in einem Teil der Oberflächenprobe eine geringe Schwindung. Die Untergrundprobe 27_{IV} war Schlufflehm, der sich beim Darauftreten fast steinhart anfühlte. Als man anfing den Spaten hineinzudrücken, sank auch der Fuss gleichzeitig ein, der Boden wurde elastisch, und es war sehr schwer den Spaten und die Stiefel loszubekommen.

5) *Mechanische Bodenanalyse.*

Bei der Ausführung der mechanischen Bodenanalyse habe ich die Schlämmmethode angewendet. Beim Schlämmen benutzte ich den Rindell'schen Apparat, Abb. 23, S. 43. Mit Hilfe desselben liessen sich einige Nachteile vermeiden, die u. a. Richter (25; 1916; 320—322) an dem Atterberg'schen Apparat bemängelt hat.

Bei meinen Schlämmanalysen habe ich als Anfangsfeuchtigkeit den lufttrockenen Feuchtigkeitszustand angenommen. Das hatte seinen Grund darin, dass man noch meistens trockenen Boden bei der mechanischen Bodenanalyse verwendet, und ferner, dass dies im vorliegenden Falle am praktischsten war, da die Proben zur Schlämmanalyse aus den obenerwähnten grossen Grundproben zu nehmen waren.

Zur Bestimmung der Trockenschwindung und der Feuchtigkeit im lufttrockenen Zustande war wiederum das Zerbrechen der Grundproben nicht eher angängig, als ein stabiler lufttrockner Feuchtigkeitszustand erreicht worden war.

Die Entnahme des Analysenmateriales ging so vor sich, dass man mit einem Messer in gleicher Dicke die ganze Längsfläche der Hauptprobe abschabte.

Nach Abwägung der lufttrockenen Teilprobe, wurde dieselbe in destilliertem Wasser wenigstens 24 St. lang stehen gelassen. Die Probe wurde dann in einer Schale 2 St. lang auf dem Wasserbad erwärmt und nachher mit dem durch eine Gummihülle geschützten Finger verrieben. Hierauf liess man die Schale 1 Minute ruhig stehen, wonach das Wasser mit der Aufschwemmung

in den oben erwähnten Schlämmapparat eingeführt wurde. Das Zerreiben wurde solange wiederholt, bis das Wasser nach dem Stehen ganz klar war. Hiernach wurde die ganze Probe in den Apparat eingeführt und die Vorbehandlung war hiermit beendet.

Bei der Vorbehandlung habe ich also aus der Probe weder die organischen Bestandteile entfernt, noch auch mit chemischen Hilfsmitteln die möglicherweise in der Probe befindlichen, als grössere oder kleinere Krümel auftretenden Ton-, Limonit-, Humus- u. a. Aggregate aufgelöst.

Ich habe also in Probe I von jeder Serienprobe — welche Proben der Ackerkrume entsprechen und als solche meist besonders humushaltig sind — die organischen Stoffe vor dem Schlämmen unentfernt gelassen. So verfuhr ich, um vollkommen die gleiche Analysemethode hinsichtlich aller Proben der Serie beizubehalten, und auch weil betreffs der physikalischen Eigenschaften in humusreichen Böden das Verhältnis der verschiedenen Korngrössen untereinander eine geringere Bedeutung als in humusarmen Böden hat, so dass die durch die Anwesenheit organischer Stoffe beim Schlämmen eventuelle kleine Fehlerhaftigkeit hinsichtlich der Verhältnisse der Korngrössen untereinander praktisch wenig ins Gewicht fällt. Erst nach dem Schlämmen führte ich bezüglich der erhaltenen verschiedenen Kornfraktionen in den Proben I unter Anwendung des Glühverfahrens die Bestimmung der Humusstoffe aus.

Die Ergebnisse sind aus Tabelle III, S. 45, ersichtlich.

Das Schlämmen: Nachdem die ganze Probe auf die oben beschriebene Weise behandelt und in den Schlämmapparat gebracht worden, wurde dieser ein paar Minuten lang mit den Händen geschüttelt, etwa eine Minute, d.h. bis zum Aufhören der Wirbelbewegung des Wassers, auf den Kopf hingestellt, darnach vorsichtig umgedreht und aufrechtgestellt. Als die Wasseroberfläche im Apparat 30 cm höher als das Abflussrohr des Wassers stand, liess man das Wasser mit der darin befindlichen Aufschwemmung nach 22 $^1/_2$ Min. in ein grosses Glasgefäss b, Abb. 24 S. 47, ablaufen. Dabei lösten sich aus der Probe der grösste Teil der Körner, die kleiner als 0.02 mm waren, d. h. also die Schluff- und Lehmfraktionen, los. Hierauf wurde der Schlämmapparat neu mit Wasser gefüllt und zwar jetzt, wie auch bei den folgenden Malen, mit Wasserleitungswasser. Das Schlämmen wurde dann auf die gleiche Weise wie auch beim ersten Mal wiederholt. Dies wurde fortgesetzt, bis das Wasser im Apparat nach 22 $^1/_2$ Minuten Stehen vollständig klar war, wobei alle Teilchen mit kleinerem Durchmesser als 0.02 mm aus der Probe abgetrennt wurden.

Die Aussonderung der im Apparat gebliebenen Grob- und Feinsandfraktionen geschah dann übrigens auf dieselbe Weise wie das erste Mal, nur dass das Stehen jetzt 15 Sekunden dauerte. Nach 2—3 maliger Wiederholung der Prozedur war die Feinsandfraktion abgetrennt, d. h. die Partikel von 0.2—0.02 mm Grösse, und im Apparat blieben von der Bodenprobe nur solche Partikel, die gröber als 0.2 mm waren.

Die in das Glasgefäss b gesammelten Schluff- und Tonfraktionen wurden auf die Weise von einander getrennt, dass das Wasser, dessen Tiefe im Gefäss auf 11—12 cm eingestellt wurde, zunächst gründlich aufgerührt und dann 8 Stunden lang an einem gleichmässig warmen Platz stehen gelassen wurde. Nach dem Stehen wurde mittels eines Hebers das Wasser samt der Aufschwemmung bis 10 cm von der Oberfläche in ein anderes Gefäss übergeführt. Diese Prozedur wurde solange fortgesetzt, bis die 10 cm dicke Wasserschicht im Glasgefäss nach Ablauf von 8 Stunden, mit blossem Auge gesehen, vollständig

klar war. Die übriggebliebenen Bodenfraktionen entsprachen einer Schlufffraktion von 0.02—0.002 mm Korngrösse.

Die ausgeschiedene Tonfraktion < 0.002 mm wurde durch Koagulieren mittels Salzsäure gefällt.

Bei dem Schlämmen von Schluff und Ton wurde das erste Mal immer eine etwas längere als die berechnete Stehzeit angewandt, um Fehler zu vermeiden, die infolge der durch eine starke Konzentration der Suspension bewirkten Verlangsamung der Sinkgeschwindigkeit der Fraktion entstehen.

Die ausgeschiedenen Grobsand-, Feinsand-, Schluff- und Tonfraktionen wurden zuerst im Wasserbad und dann in Trockenschrank bei 105—110° C. getrocknet. Die Proben wurden im Exsiccator abgekühlt und auf einer Präzisionswage gewogen. Das Trocknen, Abkühlen und Wiegen wurde bis zum konstanten Gewicht der Probe wiederholt. Nachdem vom Gewicht der ursprünglichen Probe die im Zusammenhang mit der Glühverlustbestimmung ermittelte Menge der lufttrockenen Feuchtigkeit abgerechnet worden war, liess sich der Gewichtsanteil der jeweils gewonnenen Kornfraktionen ausrechnen. Da sich bei näherer Prüfung der verschiedenen Fraktionen herausstellte, dass sie in den ausgeführten Analysen nicht vollständig abgetrennt waren, wurden die aufbewahrten Feinsand- und Schlufffraktionen der Probenreihen 7—24 einer Nachschlämmung unterworfen. Dabei wurde destilliertes Wasser verwandt und nach jedesmaligen Schlämmen mit dem Finger der Schlämmrest neu verrieben.

Das Stehenlassen wurde bei den Feinsandproben 4—5 und bei den Schlufffproben 3—4 mal wiederholt.

Wie aus dem Vorhergehenden erhellt, habe ich die Korngrössen nur in Hauptgruppen getrennt:

Grober Sand	2.0 —0.2	mm	
Feiner Sand	0.2 —0.02	»	
Schluff	0.02—0.002	»	und
Ton	< 002	»	

Sicherlich wäre, zumal mit Rücksicht auf die Schwindungserscheinung, eine weitergehende Einteilung der Tonfraktion wünschenswert gewesen. Da die Abtrennung von Körnern kleiner als < 2 μ (< 0.002 mm) eine zeitraubende und äusserst schwierige auch nicht zuverlässig ausführbare Prozedur ist, so habe ich sie garnicht gemacht.

Aus Tabelle IV, S. 50, sind die Ergebnisse der Schlämmanalyse zu ersehen. In derselben Tabelle findet sich auch die Anzahl der an Schlufflehm und Ton vorgenommenen Schlämmungen.

Ferner zeigt diese Tabelle die Ergebnisse der botanischen Analyse bei den Proben 27—34; die Abkürzungen entsprechen Warén [v. Post] (32; 1925 24—26) Torfformelabkürzungen.

Der Anteil Tonbestandteile ist nach meinen Bestimmungen merklich niedriger als er in den Veröffentlichungen unserer Staatlichen Bodenforschungsanstalt für entsprechende Bodenarten gegenwärtig angegeben wird, was auf das beim Schlämmen angewandte verschiedenartige Verfahren zurückzuführen ist.

6) *Bestimmung des Humusgehaltes.*

Den Gehalt an Humusbestandteilen habe ich ausschliesslich durch Ermittelung des Glühverlustes bestimmt. Dies geschah auf folgende Weise: 10—15 gr. lufttrockener Probeboden, der auf die gleiche Weise wie auch die Probe für die Schlämmanalyse aus der Hauptprobe entnommen war, wurde zunächst im Trockenschrank in einem 3 cm breiten und tiefen Tiegel bei 105—110° C getrocknet, im Exsiccator abgekühlt und auf der Präzisionswage gewogen; dies wurde wiederholt, bis das Gewicht konstant wurde.

Dann wurde die Probe ausgeglüht. Während des Glühens wurde dieselbe ein paar Mal mit einem schmalen, erhitzten Glasstab umgerührt. Nach dem Glühen wurde die im Exsiccator abgekühlte Probe gewogen. Das Glühen wurde wiederholt, bis ein konstantes Gewichtsergebnis erzielt worden war.

Die beim Glühen erreichte Gewichtsverminderung kann jedoch nicht den Gehalt an Humusstoffen angeben; denn die Tonbestandteile (Gele) enthalten, selbst bei 105—110° C getrocknet, noch in beträchtlichem Grade Wasser.

Den Glühverlust habe ich in Prozenten von der Gesamtprobe berechnet. Den Humusgehalt wiederum habe ich vom Glühverlust ausgerechnet, und zwar unter Verminderung desselben mit den von Ekström vorgeschlagenen Zahlen für den Glühverlust der humusfrei gedachten Bodenarten, Tabelle VII S. 57.

7) *Das Gewicht des Bodens.*

Bei der Bestimmung des Volumgewichts von Böden werden zahlreiche verschiedene Verfahren angewandt. Diese lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen:

1) Bei den Verfahren der einen Gruppe wird das Volumgewicht ermittelt unter Verwendung einer Probe, welche die natürliche Struktur nicht besitzt.

2) Bei den Verfahren der anderen Gruppe benutzt man Proben, deren natürliche Struktur möglichst unverändert erhalten ist.

Offenbar hängt es ganz vom Zufall ab, in welchem Grade der auf ein bestimmtes Mass eingefüllte Boden dem in natürlicher Lage befindlichen Boden an Volumgewicht und Porosität entspricht, und Berechnungen, die auf solchermassen gewonnenen Ergebnissen fussen, können sehr fehlerhaft ausfallen.

Deshalb wandte ich bei den Volumgewichtsbestimmungen solche Proben an, deren natürliche Struktur erhalten war.

Der Apparat, mit dem ich die Proben entnahm, ist auf S. 29 beschrieben; Höhe, Breite, Dicke der Proben war: 20, 10, 5 cm und folglich ihr Volumen = 1 Liter = 1 000 cm³.

Im Zusammenhang mit der Trockenschwindung konnte ich auch das dem lufttrockenen Feuchtigkeitszustand der Proben entsprechende Volumen bestimmen. Das diesem entsprechende Volumgewicht nähert sich also dem nach Trnka bestimmten Volumgewicht.

Bezeichnen wir mit:

G_0 = das Gewicht der dem Entnahmevolum des Bodens entsprechenden Trockensubstanz in kg/dm³,

G_1 = das Gewicht der lufttrockenen Probe in kg/dm³,

p = Feuchtigkeits % der lufttrockenen Probe,

so ist

$$G_0 = G_1 \times \frac{100-p}{100}$$

G_0 entspricht ausser dem Gewicht der festen Bodenbestandteile des 1 000 cm³ grossen Bodenvolumens bei der Probeentnahme faktisch auch dem Gewicht des beim Trocknen noch in der Probe gebliebenen Wassers und der im Bodenwasser der Probe gelösten Salze. (Ein Teil dieser Salze kann auch freilich bei den Durchlässigkeitsversuchen aus dem Boden weggespült worden sein.)

Da das Entnahmevolumen der Probe 1 000 cm³ war und bezeichnen wir mit V_i das dem Feuchtigkeitszustand der lufttrockenen Probe entsprechende Volumen in cm³ und mit G_i das Gewicht der Bodenbestandteile im lufttrockenen Volumen von 1 000 cm³ der Probe in kg, so ist:

$$G_i = \frac{G_0}{V_i} \times 1\,000.$$

G_i entspricht dem Maximalvolumgewicht der Bodenbestandteile in der betreffenden Bodenart.

Aus Tabelle VII sind die G_0 und G_i Gewichte der verschiedenen Proben ersichtlich.

Die Bestimmungen des spezifischen Gewichts der Böden führte ich auf die von Kopécky angegebene Weise so aus: die Bodenprobe wurde in destilliertem Wasser zwecks Ausscheidung der Luftblasen gekocht; hingegen trocknete ich nicht die Probe bei + 100° C, sondern benutzte lufttrockenen Boden, dessen Feuchtigkeitsmenge in lufttrockenem Zustande bekannt war.

Das Pyknometer war mit einem Thermometer versehen und sein Rauminhalt ungefähr 50 cm³, Abb. 25, S. 68.

Die Abweichung in den spez. Gewichten bleibt ganz gering, ob man die Volumveränderungen des Pyknometers in Betracht zieht oder nicht. Beim Berechnen der spez. Gewichts der von mir untersuchten Böden berücksichtigte ich auch bloss die Dichte-Veränderungen des Wassers und benutzte dabei die von Thiese, Scheel und Diesselhorst bestimmten Werte (43; 1905; 37).

In den Humusböden konnte die Luft auf die beschriebene Weise nicht genau ausgeschieden werden, sondern die Bestimmung des spez. Gewichts wurde so ausgeführt, dass die Probe zunächst so lange im Wasserbad erwärmt wurde, bis sie keine Luftblasen mehr abgab, und dann wurde sie nebst dem Wasser in das Pyknometer gebracht und evakuiert.

Auf Tabelle VII, S. 62, ist das ermittelte spez. Gewicht der verschiedenen Proben ersichtlich.

Bei der Untersuchung der verschiedenen Fraktionen wurden folgende Gewichte ermittelt:

Grobsand (2.0—0.2 mm)	2.640
Feinsand (0.2—0.02 mm)	2.639
Schluff (0.02—0.002 mm)	2.687
Ton (< 0.002 mm)	2.700

8) *Die Porosität des Bodens.*

Bezeichnen wir mit

s = das spez. Gewicht der festen Bestandteile der Bodenprobe,
G_0 = das Gewicht der Trockensubstanz eines gewissen Volumens,
H = die Porosität in Prozenten, so ist:

$$H = \frac{s - G_0}{s} \times 100$$

Wie bereits weiter oben beschrieben, schwinden viele Böden beim Trocknen beträchtlich. Dabei vermindert sich also ihre Porosität, während die Menge der festen Bodenbestandteile unverändert bleibt. Auf Tabelle VII, S. 62, sieht man die Porositätprozente für das Bodenvolumen sowohl im natürlichen Zustande wie auch nach dem Schwinden.

9) *Die Wasserkapazität und die Hygroskopizität des Bodens.*

Die im Boden befindliche Wassermenge ist in der Natur äusserst wechselnd, je nach den klimatischen Verhältnissen und der jerveiligen Witterung, der Beschaffenheit und der Lage des betreffenden Bodens zum Stand der Grundwasseroberfläche.

Da wo der Boden beständig von Wasser bedeckt war, sind die in ihm befindlichen Kolloide vollständig aufgequollen und das Wasser so luftarm wie nur möglich, sowie der Porenraum mit Wasser gefüllt, m. a. W. der betreffende Boden enthält im Verhältnis zu seiner Struktur möglichst viel Wasser. Auch ist die Wassermenge besonders reichlich im demjenigen Bodenhorizont, wo noch alle Poren zum kapillaren Wassersteigbezirk gehören und die Geschwindigkeit der Verdunstung die kapillare Steigung nicht überschreitet.

Hingegen da, wo nur ein Teil der Poren zum Gebiet der kapillaren Wassersteigung gehört, oder wo der Boden vollständig oberhalb der Steigungszone liegt, oder wo sich kein Grundwasser im Boden befindet, da kann die Wassermenge recht schwankend sein. Die Grösse der Wassermenge in den verschiedenen Horizonten solcher Böden hängt hauptsächlich von den klimatischen und Witterungs-Verhältnissen ab; bei langanhaltender trockener Witterung können dieselben so stark austrocknen, dass sie nur hygroskopisches Wasser enthalten; unter besonderen Umständen in der Natur kann die Feuchtigkeit eines solchen Bodens beinahe nur der Feuchtigkeit einer lufttrockenen Laboratoriumsprobe gleichkommen. In Regenzeiten hingegen kann das Wasser sich auch in diesen Bodenhorizonten sehr reichlich halten. Dieses zurückgehaltene Wasser ist entweder Senkwasser, das je nach der Beschaffenheit des Bodens sich langsamer oder rascher zu den tieferen Schichten bewegt oder kapillares- oder Haft-, d. h. Adhäsionswasser. Diese Bodenhorizonte erhalten jedoch ihr Wasser nicht ausschliesslich von Niederschlägen, sondern es kann auch aus tiefer befindlichem Wasser als Wasserdampf emporsteigend kondensiert werden — desgleichen aus der mit der oberen Bodenschicht in Berührung kommenden Luft — und sich in den betreffenden Schichten halten. (45; 1927, 71).

Wie bereits früher erwähnt (S. 31), wurden die Proben in ihren Rahmen sowohl gleich nach der Probeentnahme als auch nachdem sie im Wasser oder beim Durchlässigkeitsversuch unter Wasser gestanden hatten, gewogen.

Das Abwiegen der Proben nach dem Durchlässigkeitsversuch und dem Stehen in Wasser geschah sofort als das Sickern des Wassers aus der Probe aufgehört hatte und der Rahmen abgetrocknet war; beim Abwiegen lag die Probe hochkantig.

Späterhin wog ich die Proben lufttrocken mit den Furnierunterlagen. Die Lufttrocknung betrachtete ich als beendigt, als die Probe in Zimmerluft (Ofenheizung) bei einer Temperatur von 15—22° C im Verlauf von mindestens sieben Tagen sich nicht weiter vermindert hatte. Zur Bestimmung der Feuchtigkeit in lufttrockenen Zustande wurde die betr. Probe im Trockenschrank bei = 105—110° C getrocknet und nach Abkühlung im Exsiccator gewogen. Wenn das Gewicht einer Probe nach wiederholter Trocknung un-

verändert blieb, wurde der Gewichtsverlust als Feuchtigkeit der lufttrockenen Probe notiert. Unter Anwendung desselben prozentualen Verhältnisses bezüglich der Hauptprobe berechnete ich dann auch die Feuchtigkeit der ganzen Probe im lufttrockenen Zustande.

Trocknet man auf diese Weise den Boden im Trockenschrank bei 105—110° C, so verliert er noch nicht alles physikalisch gebundene Wasser.

Ferner wurde noch die hygroskopische Feuchtigkeit der Proben bestimmt. Dies geschah nach der üblichen Methode (40; 1920; 72, 73).

Die bei der Probeentnahme im Boden befindliche Wassermenge bezeichnet keinen bestimmten Feuchtigkeitszustand, sondern kann je nach der Lage der Entnahmestelle zum Grundwasser und den derzeitigen klimatischen Verhältnissen Grund-, Kapillar-, Senk- oder Haftwasser sein.

Die nach der Durchlässigkeitsermittelung und dem Versenken unter Wasser bestimmte Wassermenge — wobei die Probe hochkantig gewogen wurde, sodass ihr oberer Rand in 10 cm Höhe war — entspricht genau der oberhalb des Grundwassers befindlichen Menge Kapillarwasser. Da alle von mir untersuchten Proben so feinteilig waren, dass in ihnen beinahe alle Poren noch in 10 cm Höhe vom Grundwasser zur kapillaren Wassersteigungszone gehörten, entspricht die betr. Wassermenge beinahe der Grundwassermenge und ihrem Volumen nach annähernd der Porosität der Probe.

Die ermittelten Wassermengen verschiedenen Namens habe ich abweichend von Ramann (36; 1911; 336) und manchen anderen, als Volum- und Gewichtsprozentanteile auf die ganze Bodenprobe mit ihrem Wasser bezogen, da man auf diese Weise einen anschaulicheren Begriff von Anteil der Wassermenge in der ganzen Probe bekommt und die Volumen- und Gewichtsprozente besser zusammenstellen kann; nur in Bezug auf die der Hygroskopizität entsprechenden Prozentzahl habe ich die allgemein angewandte Berechnungsweise eingehalten. Da bei meinen Untersuchungen auch die Trockenschwindung bestimmt wurde, habe ich den Volumprozentsatz der Feuchtigkeit im lufttrocknen Boden sowohl auf das ursprüngliche Volumen der Probe, wie auch auf dasjenige der Probe im lufttrockenen Zustand berechnet.

Aus Tabelle X, S. 76, sieht man die von den in Wasser versenkten Proben festgehaltene Wassermenge, d. h. das vollkapillare Wasser und die bei der Entnahme in den Proben vorhanden gewesene Wassermenge, d. h. die Entnahmefeuchtigkeit in Volumen- und Gewichtsprozenten, sowie die von der Niederschlagsbeobachtungs-Station während der drei letzten Tage vor der Probeentnahme gemessene Niederschlagsmenge. Aus derselben Tabelle ersieht man auch die hygroskopische Feuchtigkeit der Probe und die Feuchtigkeit im luftrockenen Zustand. Die letztere habe ich ebenfalls in Volumprozenten, sowohl pro ursprüngliches (I), wie pro Volumen nach der Schwindung (II) ausgerechnet. Wo die Hygroskopizität für mehrere Teilproben gemeinsam bestimmt wurde, habe ich sie in der Tabelle auch für jede Teilprobe in analogem Verhältnis zur lufttrockenen Feuchtigkeit berechnet.

Wie aus der Zeichnung, Abb. 26, S. 80, ersichtlich ist, verändern sich Hygroskopizität und lufttrockene Feuchtigkeit gleichartig, wenn auch nicht parallel; die Abweichungen in ihrem durchschnittlichen Verhältniss sind jedoch recht beträchtlich. In fetten Tonen ist die Hygroskopizität annähernd 3 mal höher als die Feuchtigkeit im lufttrockenen Zustande und in Feinsandböden etwa 2 mal so hoch. In Moorböden ist die Hygroskopizität auch ungefähr 2 mal höher als die Feuchtigkeit der lufttrockenen Probe.

10) *Die Konsistenzeigenschaften des Bodens.*

Als technisch am wichtigsten könnte man wohl unter den verschiedenen Konsistenzeigenschaften die Fliessgrenze, die Haftgrenze und die Schwindungsgrenze betrachten. Da jedoch diese Grenzen stets im Laboratorium an solchen Proben bestimmt werden, deren natürliche Struktur durch vorhergehende Behandlung von Grund aus zerstört worden ist, so entsprechen die gefundenen Wassergehaltswerte nicht dem Wassergehalt derselben Konsistenz des betreffenden Bodens in der Natur.

Am üblichsten ist es aus den Konsistenzeigenschaften die der Fliess- und der Rollgrenze entsprechenden Wassergehalte zu bestimmen, deren Unterschied die Plastizitätszahl genannt wird.

An den von mir untersuchten Böden habe ich diese Konsistenzeigenschaften nicht bestimmt.

In Finnland haben Frosterus und Aarnio früher für viele, auch bei meinen Untersuchungen berücksichtigten Bodenarten die Fliess- und die Rollgrenze, wie auch die Plastizitätszahl bestimmt.

Auf Tabelle XI, S. 83, findet sich eine kurze Zusammenfassung dieser Bestimmungen, und zugleich ist angeführt, welche Probe meiner Untersuchung jeder von ihnen am nächsten entspricht.

Man könnte die Sachlage ungefähr dahin zusammenfassen, dass die Plastizität in den verschiedenen Bodenarten — ohne Einbeziehung der Ackerkrume — wie folgt wechselt:

in *Feinsandböden:* 2.0—8.0 entsprechend den Proben 1, 2, 3_{II}—3_{IV}, und 4_{II}—4_{IV}, sowie 6_{IV}—6_{V},

in *Lehmfeinsand- u. -schluffböden:* 8—13, entsprechend den Proben 5_{II}—5_{III}, 6_{II}—6_{III}, 7, 8 u. 9_{II}—9_{III},

in dichten, geschichteten Schlufflehmböden: 7—21, entsprechend den Proben 3_{V}—3_{VI}, 4_{V}—4_{VI}, 5_{V}—5_{VI}, 9_{IV}—9_{VII}, 10—12,

in fetten, dichten, geschichteten Schlufflehmböden: 20—30, entsprechend den Proben 13—15,

in *fetten Tonböden:* 22—44, entsprechend den Proben 16—21,

in *Bröckeltonböden:* 15—37, entsprechend den Proben 22—24.

Die Schwankungen der Plastizitätszahl in den verschiedenen Horizonten derselben Bodenart sind im allgemeinen am kleinsten in den unter der Ackerkrume befindlichen ausgelaugten Schichten und erreichen nach unten hin in der Grundwasserschicht einen höchsten Wert (11; 1924; 9—12). Der Humusgehalt vermehrt in den entsprechenden Mineralbödenarten den Wassergehalt der Fliessgrenze bedeutend mehr, als denjenigen der Rollgrenze, sodass die Plastizitätszahl wächst.

11) *Die Trockenschwindung des Bodens.*

In Bezug auf die physikalischen Eigenschaften hat die Trockenschwindung und das Quellen infolge Befeuchtung entwässerungstechnisch häufig sehr grosse Bedeutung. Die durch Schwindung des Bodens entstandenen Spalten beschleunigen einerseits die Austrocknung und andrerseits ermöglichen sie das rasche Eindringen des Regenwassers in tiefere Schichten und bilden selber einen Behälter für Wasser, auf diese Weise die Gefahr der Durchnässung des Bodens vermindernd. In manchen Bodenarten füllen sich diese Spalten ziemlich leicht durch Verschlammung, in anderen halten sie sich lange Zeit hindurch

offen. Ferner besteht darin ein Unterschied, dass sich in manchen Böden diese Spalten bei Regen rasch schliessen, in anderen hingegen, auch nach längerem Verweilen im Grundwasser, ihre Wasserleitungsfähigkeit erhalten, wenn auch vielleicht in verringertem Grade.

Die Schwindungs- und Quellungserscheinungen der Böden bilden m. E. den Faktor, welcher in erster Linie bewirkt, dass die auf die Korngrösse und auf die hauptsächlich von der Korngrösse herrührende Hygroskopizität, Benetzungswärme und Teiloberfläche sich gründenden Strangentfernungsformeln nicht den Erfahrungen der Praxis entsprechen.

Unter hauptsächlicher Berücksichtigung der Trockenschwindungsbestimmung habe ich auch die S. 28 beschriebene Vorrichtung zur Entnahme der Proben konstruiert.

Die Probeentnahme geschah auf die früher erläuterte Weise (siehe S. 29—30), und zwar waren die Seitenmaasse der ursprünglichen Proben: Höhe, Breite, Dicke = 20, 10 und 5 cm.

Die Proben wurden, wie bereits erwähnt, bei Zimmertemperatur aufbewahrt, in der sie allmählich bis zum konstanten Gewicht des lufttrockenen Zustandes trocknen konnten.

Vor der Entnahme der Teilproben für die verschiedenen Untersuchungen mass ich Höhe, Breite und Dicke der Probe mit Genauigkeit eines Millimeters. Da wo die Schwindung in verschiedenen Teilen der Probe ungleich war, berechnete ich die mittlere Länge der Schwindung, in jeder verschiedenen Richtung getrennt. Nicht alle Proben bildeten nach dem Trocknen ein zusammenhängendes kompaktes Stück, sondern manche spalteten sich; in solchem Fall wurde der Anteil dieser Spalten als Schwindung mitgerechnet. Ein paar Proben, nämlich 6_V und 20_{VI}, zerfielen derart, dass sich an ihnen keine Messung des Schwindens ausführen liess.

Von einer Anzahl Serienproben nahm ich nach dem Schwindungsprozess Photographien. Auf den Abbildungen ist das obere Ende der Teilprobe I an der Nulllinie und das untere Ende von Teilprobe VI an der 120 cm Linie, so dass die Zwischenräume zwischen den Teilproben der Schwindung in der Längsrichtung, d. h. also in der Vertikalrichtung im Boden entsprechen.

Die Schwindung habe ich als Prozentteil vom Volumen der ursprünglichen Probe berechnet, und die Zahlen sind aus Tabelle XII, S. 87, ersichtlich, in der ich auch die der Entnahmefeuchtigkeit und der Feuchtigkeit der lufttrockenen Probe entsprechenden Zahlen — beide als Volumprozente — aufgenommen habe.

Da in manchen Böden (13, 17, 25) während der Entnahme von Proben sich Risse zeigten, kann die gefundene Zahl der Schwindung den Maximalbetrag dieser Eigenschaft wenigstens nicht in Bezug auf diese Böden anzeigen.

12) *Die Teiloberfläche des Bodens.*

Die Gesamtsumme der Oberflächen sämtlicher in irgend einer Bodenmenge enthaltenen Bodenpartikel ist die [1] *Teiloberfläche* des Bodens.

Ohne grossen Fehler kann man als mittleres spez. Gewicht der Bodenkörner 2.7 nehmen.

Die Teiloberfläche einem Gramm gleich grosser Kugeln mit dem Durchmesser d (cm) ist hierbei:

$$\text{(A)}\quad P_t = \frac{1}{\frac{\pi d^3}{6} \times 2.7} \times \pi d^2 = \frac{1}{\frac{d}{6} \times 2.7} = \frac{2.22}{d}\ \text{cm}^2/\text{gr.}$$

[1]) Vielleicht wäre der Ausdruck *Teilchenoberfläche* besser.

Setzt man die Korngrössen in der Logarithmenskala auf die Abscissenachse log 1 als 0-Punkt und die den Korngrössen entsprechenden Teiloberflächen auf die Ordinatenachse log 2.22 als 0-Punkt, wobei die Teiloberfläche des 0-Punktes der Teiloberfläche der Korngrösse d = 2.22 mm entspricht und = 10 cm² gr ist, so stellt sich die jeder Korngrösse (2—0.00002 mm) entsprechende Teiloberfläche auf der graphischen Tafel gradlinig dar, Abb. 49, S. 92.

Setzen wir:

$$d = \frac{1}{2^x} = 2^{-x}, \text{ dann ist:}$$

$$x = -\frac{\log d}{\log 2}$$

Wenn wir in den Korngruppen 2.0—0.2, 0.2—0.02 u. s. w. den x-Wert des grössten Korns mit x bezeichnen und des kleinsten Korns mit x_1, so ist die Teiloberfläche

$$\text{(B)} \quad P_{tr} = 32.059889 \frac{2^{x_1} - 2^x}{x_1 - x} \text{ cm}^2/\text{gr.}$$

Bei der Ableitung dieser Formel bin ich ungefähr auf gleiche Weise wie Zunker (54; 1921; 571—574) vorgegangen. Die berechneten Teiloberflächen P_{tr} der verschiedenen Korngruppen sind auf S. 94 zu sehen.

Wenn P_{tr_1}, P_{tr_2}, P_{tr_3}, ... P_{tr_n} die Teiloberfläche cm² gr der verschiedenen Korngruppen und p_1, p_2, p_3 ..... P_n den prozentualen Anteil der verschiedenen Korngruppen am Gesamtgewicht der Probe bezeichnen, so ist die Teiloberfläche der Bodenprobe

$$\text{(C)} \quad P_t = \frac{P_{tr_1} \cdot p_1}{100} + \frac{P_{tr_2} \cdot p_2}{100} + \frac{P_{tr_3} \cdot p_3}{100} + \ldots + \frac{P_{tr_n} \cdot p_n}{100} \text{ cm}^2/\text{gr.}$$

Die obigen Formeln gründen sich auf folgende Voraussetzungen: 1) kugelformige Körner, 2) spezifisches Gewicht der Körner 2.7, 3), dass sich in den Korngruppen die Korngrösse in gleicher Weise fortlaufend verändert, und 4), dass jede Korngrösse in jeder Korngruppe gleich gross an Gewicht ist.

In der Wirklichkeit sind die Bodenkörner ihrer Form nach meistens recht verschieden und nur ausnahmsweise annähernd kugelförmig. Da die Kugeloberfläche ihrem Volumen nach den geringsten Raum einnimmt, bedeutet eine von der Kugel abweichende Körnerform eine Vergrösserung der Oberfläche und folglich, dass die Teiloberfläche im Boden grösser als die oben berechnete ist.

Zieht man jedoch in Betracht, dass die Teiloberfläche bei verkleinerter Korngrösse sehr rasch zunimmt, so erhellt daraus, dass die Kornform im Vergleich zur Korngrösse wenig zu bedeuten hat. Vom praktischen Gesichtspunkt aus kann man deshalb diese auf die obenbeschriebene Weise berechneten relativen Werte für ganz ausreichend gelten lassen.

Die Ungenauigkeit, die daraus entsteht, dass als das spez. Gewicht des Bodens 2.7 angenommen worden ist, bedeutet bei der in den gewöhnlichen Mineralböden vorkommenden Schwankung des spez. Gewichts zwischen 2.56

und 2.84, einen Maximalfehler von 5 %. Dieser Fehler lässt sich auch ganz leicht nach folgender Formel eliminieren:

$$P_{ts} = \frac{P_t \cdot 2.7}{s}$$

in welcher s = spez. Gewicht des Bodens ist.

Die Voraussetzung 3) bewirkt dann Fehler, wenn der prozentuale Anteil der Korngruppe der feineren Körner grösser ist als derjenige der vorigen, so dass die Teiloberfläche meistens kleiner als die faktische wird; und umgekehrt, wenn der prozentuale Anteil der Korngruppe der grösseren Körner grösser ist als derjenige der folgenden, nächstfeineren Korngruppe, so wird die Teiloberfläche grösser als die faktische. Auch diese Fehlerhaftigkeit liesse sich nahezu mit Hilfe einer Kornanteilkurve verbessern. Auf der graphischen Zeichnung Abb. 50, S. 96, sieht man solche Kornanteilkurven bezüglich der Teilproben 3_{III}, 7_{III}, 10_{III}, 18_{III}, 23_{III} u. 26_{IV}. In der Zeichnung bedeuten die gradlinig laufenden gebrochenen Linien die auf dem Analyseresultat fussende Kornanteilkurve und die die ganze Zeit in Krümmungen laufenden gestrichelten Kurven die mutmassliche Anteilkurve der verschiedenen Korngrössen.

Schwieriger zu lösen und grössere Fehler verursachend als die in der gebrochenlinigen Form der Kurve hervortretende ist die Frage, wieweit die untere Grenze der feineren < 0.002 Korngruppe auszudehnen ist, wenn man nicht das Volumen der Körner, die unterhalb dieser Grenze sind und ihren prozentualen Anteil kennt.

Je nachdem man als Untergrenze in der Gruppe < 0.002 z. B. 0.0005, 0.0002 oder 0.0001 oder 0.00005 nimmt, ist die Teiloberfläche, wie früher dargelegt, entweder 24 044, 43 419 oder 70 460 oder 117 500 cm²/gr, sodass der Unterschied im äussersten Fall beinahe das fünffache ist.

Das Bestimmen des Prozentanteils der Körner von Gruppe < 0.0002 mm würde ganz hinreichend den Verlauf des Endteils der Kurve zu erklären vermögen. Die richtige Ausführung dieser Bestimmung bietet jedoch technische Schwierigkeiten, und man ist vorläufig immer noch gezwungen in dieser Hinsicht sich mit Schätzung zu behelfen.

Als e i n e Grundlage bei dieser Schätzung kann m. E. der Schwindungsvorgang dienen. Dieser hängt ja zum grossen Teil von der Menge der feinsten Körner ab. Ist die Schwindung beträchtlich, so ist es wahrscheinlich, dass der prozentuale Anteil der feineren Kolloidkörner in der Gruppe < 0.002 sehr gross ist und umgekehrt. So ist z. B. in den Proben 22—26, obgleich in ihnen der Prozentanteil der Gruppe < 0.002 nicht sehr gross ist, die erhebliche Neigung zum Schwinden ein Beweis für die besondere Feinheit der Kolloidteilchen, während wiederum in den Proben 10—14 die geringe Neigung zum Schwinden, trotz des ziemlich erheblichen Prozentanteils der Tonbestandteile, einen Beweis für den kleinen Prozentanteil der feineren Tonbestandteile in ihrer Gruppe bildet. Durch nähere Untersuchung des Verhältnisses zwischen Schwindung und Kolloidgehalt, unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Porositätsprozentsatzes, würde man sicherlich zu einem, die Notwendigkeit dieser Aufgabe genügend erklärenden Ergebnis gelangen. Hinsichtlich des Endziels meiner Untersuchung ist dies hier jedoch nicht nötig, und ich halte diejenigen Ergebnisse für hinreichend genau, die sich bei Annahme von 0.5 μ als untere Grenze herausstell-

ten in den Proben 1, 2, 3_I—3_{IV}, 4_I—4_{IV}, 5_I 5_{III}, 6, 7, 8 u. 9_I—9_{IV}, und 27_{IV}, 0.2 μ in den Proben 3_V—3_{VI}, 4_V—4_{VI}, 5_V—5_{VI}, 9_V—9_{VI} und 10—14, und 0.1 μ in den Proben 15—21 sowie 0.05 μ in den Proben 22—26.

Die nach *Mitscherlichs* (40; 1920; 75—78) auf die Bestimmung der Hygroskopizität gegründete Methode ermittelte Teiloberfläche ist etwa 8—50 mal grösser als die auf obenbeschriebene Weise bestimmte. Der Unterschied ist am grössten bei den obenbeschriebenen Sandböden und am kleinsten bei den tonreichen Böden. Dass der Unterschied gerade in den grobsandigen Böden am grössten ist, beweist, dass die Verschiedenheit der Ergebnisse nicht ausschliesslich von der inneren Fläche der Teilchen herrührt, denn diese Wirkung müsste ja gerade in grobsandigen Böden am geringsten sein; ausserdem legt schon die Grösse der Unterschiede die Annahme nahe, dass die Wirkung nicht ausschliesslich von der inneren Fläche herrühre. Ganz offensichtlich ist die Schätzung um die Wasserstärke der Zehn Wassermoleküle fehlerhaft.

Z. B. in den fetten Tonböden (16—21) ist $w_H = 14$, wobei die Teiloberfläche 560 000 cm²/gr sein würde. Aus der graphischen Zeichnung Abb. 49 geht hervor, dass die mittlere Korngrösse dann etwa 0.04 μ sein müsste, was nach heutiger Auffassung als unmöglich gehalten werden muss. Auch theoretisch ist die Hypothese unmöglich, da sie voraussetzt, dass die die Körner umgebende Wasserschicht wie eine feste Haut beschaffen wäre und nicht flüssig, wie es der Fall ist.

Doch ist es ganz natürlich, dass die Veränderungen der Hygroskopizität und der Oberfläche sich im Grossen und Ganzen in gleicher Richtung, wenn auch nicht parallel, bewegen.

Im allgemeinen wird die Teiloberfläche nur pro Gewichtseinheit bestimmt. Zunker (54; 1921; 598, 599) befürwortet dieses Verfahren damit, dass trotz der recht grossen Schwankung des Volumgewichts (sogar bis zu 20 % vom mittleren Volumgewicht) seine Wirkung bei der praktischen Verwertung dennoch gering bleibt, wie z. B. die Strangentfernung in der Formel

$$E = a - b\sqrt[3]{U}.$$

Meinen Untersuchungen zufolge wechseln die Bodenvolumgewichte unserer einheimischen Mineralböden je nach dem Entnahmevolumen der Proben (abgesehen von der Ackerkrume) zwischen 1.6935—0.5298 und in lufttrockenen Böden zwischen 1.8390—1.0385.

Die Abweichung vom Durchschnitt beträgt im ersteren Fall über 40 % und im letzteren annähernd 30 %. Dies auf die ebengenannte Strangentfernungsformel angewendet, kann immerhin 3 m Strangentfernungsunterschied bedeuten und c. 30 % Abweichung von dem, was man durch Berechnung der Teiloberfläche pro Gewichtseinheit bekommt.

Da die nur pro Volumen bestimmte Teiloberfläche deren physikalischen Einfluss richtig vor Augen führt, da die Kenntnis des in der Untersuchung von mir bestimmten Volumgewichts die erforderliche Berechnung leicht ausführbar macht, und da dadurch die Ergebnisse aus den auf die Teiloberfläche sich gründenden Formeln meiner Meinung nach sich in der richtigen Richtung verbessern — obgleich offenbar nicht genügend —, so habe ich die Teiloberfläche auch pro Volumeinheit, d. h. cm²/cm³ bestimmt.

Wenn P_t = Teiloberfläche cm^2/gr,
P_{tv} = » cm^2/cm^3,
W_p = Volumgewicht des Bodens, so ist:

$$P_{tv} = P_t \cdot w_p \qquad \text{(D)}$$

Unter Verwendung der Formeln A, B, C, und D habe ich die Teiloberflächen der Proben 1—24, 25_{III}—25_{VII}, sowie 27_{IV} ausgerechnet.

In Bezug auf die organischen Böden habe ich hingegen die Teiloberfläche überhaupt nicht bestimmt.

Die Ergebnisse sind aus Tabelle XIV, S. 102, ersichtlich.

13) *Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens.*

Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens hat für die kulturtechnischen Hauptaufgaben, die Entwässerung und die Bewässerung, eine ganz entscheidende Bedeutung, sodass die genaue Kenntnis derselben als äusserst wichtig gelten muss.

Zu den ausgeführten Durchlässigkeitsversuchen haben manche gestampften Boden, andere Boden in natürlicher Struktur benutzt.

Abgesehen davon, dass die Apparate sehr verschiedenartig gewesen sind, ist auch der bei den Versuchen verwandte Wasserdruck äusserst wechselnd, zwischen 0—1.10 m, gewesen; ferner hat man bei manchen Verfahren den Druck konstant gehalten, während er in anderen wiederum allmählich sich auf Null verminderte.

Abweichungen machen sich auch darin geltend, dass einige Forscher die Durchlässigkeit berücksichtigen, nur nach dem dieselbe einen konstanten Wert erlangt hat, während andere wiederum die ganze hindurchgelassene Wassermenge in Betracht ziehen.

Bei meinen eigenen Untersuchungen wandte ich zu den Durchlässigkeitsbestimmungen anfangs dreierlei Verfahren an.

Bei der Probeentnahme i. J. 1923 führte ich in etwa 1 m Entfernung vom Probegraben Durchlässigkeitsuntersuchungen in einem Bohrloch aus. Wegen offenbarer Ungleichmässigkeit der Ergebnisse wurde der Versuch nicht fortgesetzt.

Ausser diesem Durchlässigkeitsversuch im Bohrloch wurde noch besonders jede von mir entnommene Einzelprobe baldmöglichst nach der Probeentnahme auf ihre Durchlässigkeit untersucht.

Dies wurde so ausgeführt, dass ich an den Messingrahmen der Bodenprobe (Abb. 51, (b)) eine Erhöhung aus Blech anfügte (a) und die Fuge wasserdicht mit Mennige abdichtete. Auf der einen Seite der Probe brachte ich ein Messingdrahtnetz an, welches verhinderte, dass Bodenteile während des Versuchs von dem durchsickernden Wasser aus der Probe geführt wurden. Die Probe wurde wagerecht in den Apparat gelegt, an dessen beiden Enden Blechtrichter waren. Beim Versuch wurden die Massflaschen (d) unter die Trichteröffnungen gestellt. Die Bodenprobe enthielt also bei Beginn des Versuchs ihre bei der Entnahme vorhandene Feuchtigkeit.

Der eigentliche Versuch ging so vonstatten, dass die Probe durch Aufgiessen von einem Liter reinen Wassers mit einer Wasserschicht von 5 cm bedeckt wurde. Um die Probe beim Uebergiessen des Wassers zu schützen,

wurde über dieselbe eine dünne Latte gelegt, die den Stoss des Wassers auffing. Die Beobachtungen wurden dann auf die Weise angestellt, dass ich mir den Zeitpunkt merkte, wann die ersten Tropfen nach dem Wassereingiessen in die Massflaschen fielen, und die Zeit, wann die Wasserschicht von der Oberfläche der Bodenprobe verschwunden war. Ein Teil des beim Durchlässigkeitsversuch benutzten Wassers blieb in der Probe zurück; die Menge dieses Wassers erhält man in cm^3 aus Tabelle X, S. 76, wenn man von dem Volumprozentsatz der vollkapillaren Wassermenge der Probe (der ins Wasser versenkten Probe) die Volumprozente der Entnahmefeuchtigkeit der Probe abzieht und den Unterschied mit 10 multipliziert.

Wie aus obigem hervorgeht, entspricht die Bewegungsrichtung des Wassers beim Durchlässigkeitsversuch der wagerechten Richtung in der Natur. Am häufigsten hat man bei Durchlässigkeitsuntersuchungen früher die senkrechte Richtung berücksichtigt. In der Praxis, wo ein Entwässerungsbedürfnis vorliegt, nähert sich die Wasserbewegung jedoch mehr der wagerechten als der senkrechten Richtung, denn der senkrechte Lauf des Wassers entspricht nur der Tiefe der (Drän-) Gräben, aber seitwärts läuft es im äussersten Fall die halbe Strangentfernung, gewöhnlich also etwa 5—10 m.

Tabelle XV, S. 109, enthält die Untersuchungsergebnisse; auch sind dort die Temperatur des Versuchswassers und die Höhe des Luftdrucks während der Versuchszeit angegeben.

Die Ergebnisse des Durchlässigkeitsversuchs ergeben in diesem Fall schon besser verständliche Zahlen, obgleich sie noch immer derart schwankend sind, dass man aus ihnen auf keine vernünftige Weise eine Grundlage für die Bestimmung der Strangentfernung gewinnen kann.

Ferner habe ich noch Durchlässigkeitsversuche nach dem in Schweden üblichen Verfahren auf die folgende Weise ausgeführt:

Mittels eines offenen Eisenzylinders von 20 cm Höhe und 1.128 m Innendurchmesser trennte ich aus dem Boden eine Fläche von 1 m^2 ab. Der untere Rand des Eisenzylinders war schräg nach innen zugespitzt, und das Einschlagen des Zylinders in die Erde geschah mittels eines Schmiedehammers.

Der Durchlässigkeitsversuch wurde meist unter Anwendung von zwei verschiedenen Versenkungstiefen in der Ackerkrume, nämlich 10 u. 17 cm, und im Untergrund, von dem also die Ackerkrume abgehoben worden war, von einer Tiefe von 10 cm ausgeführt. Der Uebergang zu grösserer Ringtiefe beim Ackerkrumenversuch fand statt, während der Durchlässigkeitsversuch ununterbrochen fortdauerte.

Die Bodenfläche in Innern des Zylinders wurde vor Beginn des Versuchs geebnet, und bei Rasenböden wurde die Oberflächenschicht ganz dünn abgehoben.

Die Bewässerung erfolgte mit gewöhnlichen 10 Liter fassenden Gartengiesskannen. Aus diesen wurde das Wasser in das Innere des Ringes gegossen. Beim ersten Guss drang das Wasser im allgemeinen so rasch in den Boden, dass man das Giessen ohne Unterbrechung ausführen konnte.

An einer Kontrolluhr wurde die Zeit abgelesen, die 10 Liter brauchten um in die Erde einzudringen. Zwecks genauer Bestimmung des eingedrungenen Wasservolumens wurde mitten im Ring in einer flachen Vertiefung ein Streichholz lotrecht eingesteckt. Als dessen Ende die Wasserfläche durchstiess, betrachtete ich die 10 Liter als in den Boden eingedrungen. Wegen des raschen Eindringens des Wassers und der Unebenheit der Bodenoberfläche war die Eindringezeit der ersten 10 Liter meist unsicher.

Gleichzeitig mit diesem Begiessen wurde auch längs der Aussenränder des Ringes soviel Wasser gegossen, dass die Wasserstärke die gleiche war wie innerhalb des Ringes, Abb. 52, S. 111. Dadurch wollte ich jenen fehlerhaften Einfluss verringern, der dadurch entsteht, dass unmittelbar ausserhalb des Ringes trockener Boden ist, der die Durchlässigkeit erheblich befördern könnte.

Meine Versuche wichen also von den in Schweden ausgeführten in der Beziehung ab, dass das Beobachten der Zeit, die während des Eindringens von 10 Litern verlief, eine andere war, und dass man in Schweden ausserhalb des Zylinders keine Bewässerung vorgenommen hat.

Die Ergebnisse finden sich auf den Seiten 111—128 zusammengestellt.

Auch diese Durchlässigkeitsbestimmungen, wie an den Zahlen zu merken ist, zeigen selbst in denselben Bodenarten recht erheblich von einander abweichende Ergebnisse. Ausserdem vermögen sie nicht solche Unterschiede zwischen den verschiedenen Bodenarten anzuzeigen, dass das Trockenlegungsbedürfnis derselben mittels dieser Durchlässigkeitszahlen auch nur in grossen Zügen zu charakterisieren wäre.

Die Erfolglosigkeit auch dieser Versuche ist m. E. dazu angetan die Zwecklosigkeit direkter Durchlässigkeitsversuche darzutun.

Da der gleiche Boden in verschiedenem Zustand eine ganz ungleiche Durchlässigkeit haben kann, lässt sich meiner Meinung nach die wirkliche Wasserdurchlässigkeit der verschiedenen Bodenarten am besten ermitteln nur durch die Verbindung von genauen Beobachtungen der Niederschläge, mit Messungen der Grundwasserhöhe und der aus den Dräns abfliessenden Wassermengen, unter präziser, am besten automatisch festgestellter Angabe der Beobachtungszeiten.

14) *Das Steigen des Wassers im Boden.*

Der Aufstieg des Wassers im Boden kann unter die Einwirkung des gegen die Erdoberfläche gerichteten Druckes oder kapillarer Kräfte oder auch durch die Verdichtung vom Wasserdampf, welcher aus den tiefem Bodenschichten steigt, erfolgen.

Um die für jede Bodenart kennzeichnende Kapillarität ausfindig zu machen hielt ich es für unumgänglich, für den Versuch solchen Boden zu benutzen, in dem die natürliche Struktur erhalten war. Nach manchen Misserfolgen gelangte ich schliesslich zu folgendem Verfahren bei der Probeentnahme.

Ich liess aus starkem Zinkblech runde Röhren mit Spannreifen machen, deren Querschnitt auf Abb. 53, S. 138, zu sehen ist.

Es war ursprünglich beabsichtigt Röhren mit einem Querschnitt von 100 cm² und also mit dem Durchmesser 11.7 cm herstellen zu lassen. Infolge mangelhafter Arbeit schwankte jedoch der Röhrendurchmesser zwischen 7.4 und 9.2 cm mit entsprechender Verdunstungsfläche der Probe, wie aus Tabelle XVI ersichtlich. Von jeder zur Untersuchung entnommenen Bodenart wurden drei Proben, und zwar 40, 80 und 120 cm lange, genommen.

Bei der Probeentnahme war nur der unterste Spannreifen angespannt, die oberen dagegen nicht, sodass die Röhre nach oben zu weiter war. Bei der Probeentnahme wurde das untere Ende auf die Erdoberfläche gesetzt; nachdem um das Rohrende herum mit einem Spaten eine genügende Menge Boden fortgeschafft worden war, schnitt ich mit einem Messer eine ebenso grosse Erdsäule wie das untere Ende der Röhre ab und diese wurde nach unten ge-

drückt. Auf diese Weise wurde allmählich weiter fortgefahren und die Bodensäule blieb im Rohrinnern. Als die Probe fehlerfrei die Länge der Röhre erlangt hatte, wurden auch die oberen Spannreifen angespannt. Wenn die natürliche Struktur der Probe versehrt worden, so wurde eine neue Probe genommen.

Wegen des Zerbröckelns blieben die Proben 5_{120}, 7_{126}, 16_{120} und 23_{80} ein wenig unter dem vorgeschriebenen Maass.

Die entnommenen Proben liess ich einige Wochen im Laboratorium stehen, so dass sie Zeit hatten ziemlich auszutrocknen, um dann besser die kapillare Steiggeschwindigkeit absolut feststellen zu können.

Tab. XVI, S. 139, enthält die Zeitangaben über Ingangsetzen und Beendigung der einzelnen Versuche, über das Gewicht der Bodenproben mit ihrem Wasser, über die neben der im lufttrockenen Zustande in der Probe vorhandene Feuchtigkeit und die Verdunstungsfläche der Proben.

Bei dem Versuch wurde jede Proberöhre auf einen flachen aus Blech verfertigten Wasserbehälter gestellt, dessen Konstruktion aus den Abb. 54 und 55, S. 140, zu sehen ist.

Jede Proberöhre war mit Mennige luftdicht an ihre Unterlage befestigt; der Tubus des Wasserbehälters war mit einem Korkstöpsel verschlossen, und ein feiner Einschnitt in der Längsrichtung des Stöpsels ermöglichte den Zutritt der äusseren Luft zum Inneren des Behälters. Die ganze Vorrichtung mit der Probe wurde unmittelbar vor dem Beginn des Versuches gewogen.

Nach dem Wiegen wurde der Wasserbehälter mit Wasser aus der städtischen Wasserleitung gefüllt und zwar aus einer Pipette, so dass man feststellen konnte, wieviel cm^3 Wasser bei jedem Mal in dem Behälter Platz hatten.

Zur Bestimmung der Steiggeschwindigkeit waren in die Röhrenwand in je 1 cm Höheabstand Löcher angebracht. Durch diese Löcher, deren Durchmesser 2 mm war, wurden in den Boden aus Löschpapier gedrehte Spulen gesteckt, in denen Farbpulver eingewickelt war. Das Pulver trat beim Steigen des Kapillarwassers bis an das Loch in der Lösung und färbte das Löschpapier hellgrün. Bei Moorbodenproben war dies Verfahren nicht anwendbar, da diese Böden schon vom Anfang an so viel Wasser enthielten, dass sich das Löschpapier sofort färbte. Bei Beginn eines jeden Versuchs war die Färbung des Löschpapiers ganz deutlich; aber bei höherer Steigung des Kapillarwassers konnte das Löschpapier nicht mehr wahrnehmbar Wasser heraussaugen. Später verstopfte ich auch alle diese Löcher luftdicht, wenn anzunehmen war, dass sie die Verdunstung des Kapillarwassers beförderten, wie es sich dann auch herausstellte.

Das Wiegen der Probe erfolgte sofort nach der Füllung des Behälters mit Wasser, obgleich nicht jedes Mal.

Auf die Oberfläche der Bodenprobe war auch von dem obenerwähnten Farbpulver ausgestreut um festzustellen, wann das Kapillarwasser an das obere Ende gelangte. Als dieses anfing feucht zu werden, bildete das trokkene Farbstoffpulver mit lila Farbe ganz wie Quecksilber kleine Kügelchen. Erst alsdas Wasser reichlicher gestiegen war, entstand die grüne Lösung des Farbstoffs und färbte die obere Fläche der Bodenprobe.

Mit denjenigen Proben, wo der Aufstieg des Wassers bis zur oberen Endfläche rasch erfolgt war, führte ich einen ergänzenden Versuch in der Weise aus, dass ich mit Hilfe einer elektrischen Lampe die Temperatur am oberen Ende der Probe auf 32—37° und auf 45—50° erhöhte. So konnte ich feststellen, ob der kapillare Wasseraufstieg auch einer schnelleren Verdunstung Genüge zu leisten vermöchte.

Nach Beendigung des Versuchs wurde das Gewicht der Probe genau festgestellt und die im Behälter übriggebliebene Wassermenge gemessen. Das Rohr wurde vom Behälter losgelöst und geöffnet, die Bodenprobe von unten anfangend sogleich in 5 cm lange Stücke geteilt und in Pappschachteln gewogen; danach wurde noch der Apparat samt Verdichtung gewogen. Den Boden liess ich in den Pappschachteln bei Zimmertemperatur bis zu konstantem Gewicht trocknen, Abb. 56, S. 141.

Tabelle XVII, S. 142, gibt die Menge des auf diese Weise verdunsteten Wassers in Prozenten von dem Gewicht jeder Teilprobe (mit darin enthaltenem Kapillarwasser). Die verdunstete Wassermenge (oder Gewichtsabnahme), vermehrt um die Feuchtigkeit der betreffendene Probe im lufttrockenen Zustande entspricht der ganzen in jeder Schicht vorhandenen Wassermenge.

Der Gewichtsprozentsatz des Kapillarwassers gibt keine richtige Vorstellung von der Bedeutung dieser Wassermenge im Boden, da das Volumgewicht und die Porositätsprozente der verschiedenen Bodenarten stark schwanken. Erst dann erhalten wir einen deutlicheren Begriff von dem Zustand in dieser Hinsicht, wenn wir das Volumen dieser Wassermenge und zugleich die Porositätsprozente kennen.

Beim Bestimmen der letzteren habe ich folgendes Verfahren eingeschlagen: ich habe auf jede 5 cm hohe Teilprobe denselben Volumgewichts- und Porositätsprozentwert angewandt, wie ich ihn bei der entsprechenden 20 cm hohen Probe erhalten hatte. Da jedoch das Volumgewicht und die Porosität dieser 5 cm hohen sukzessiven Proben im allgemeinen nicht ganz dieselben waren wie die entsprechenden Werte der dem Mittelwert derselben entsprechenden 20 cm hohen Probe, so entstand hieraus Fehlerhaftigkeit. Da bei meiner Untersuchung die Bodenarten verhältnismässig homogen sind, bleibt diese Fehlerhaftigkeit in den meisten Proben im Vergleich zu dem errungenen Vorteil gering. Der erheblichste Fehler dürfte wohl beim Uebergang aus dem Ackerkrumenboden in der Untergrundboden und aus einer Bodenart in die andere entstehen, wie bei den Proben 5, 4, 6, 25 u. 27. Ist jedoch die Uebergangsgrenze der Bodenart bekannt, so kann auch dies keine nennenswerten Fehler verursachen.

Bezeichnen wir mit

P = das Gewicht der festen Bodenbestandteile in kg/dm³,
P_k = das Gewicht desselben Bodens mitsamt Kapillarwasser in kg/dm³,
w_i = Gewichts-% der in demselben Boden lufttrocken befindlichen Wassermenge,
w_k = die in demselben Boden im Kapillarzustand befindliche Wassermenge über dem Gewichts-% der lufttrockenen Wassermenge,

so ist

$$P_k = \frac{P \cdot 100}{100 - (w_k + w_i)}$$

Bezeichnen wir ferner mit

w_V = die gesamte in Kapillarzustand im Boden befindliche Wassermenge in Volum-%,

H_V = das Porositätsvolumen der Bodenprobe in %

L_V = die im Kapillarzustand im Boden befindliche Luftmenge in Volum-%,

so ist

$$w_V = (P_k - P) \cdot 100 \text{ und}$$
$$L_V = H_V - w_V.$$

Aus Tabelle VII, S. 62, erhält man die P und H_V-Werte jeder Probe; aus Tabelle X, S. 76, den w_i-Wert und aus Tabelle XVII, S. 142, den w_k-Wert.

Die Ergebnisse aus den auf obige Weise ausgeführten Berechnungen über die in den Kapillarproben enthaltene Wassermenge und Luft sind auf Tabelle XVII, S. 142, in Volumprozenten zu sehen, die Wassermenge getrennt für je eine 5 cm und eine 20 cm hohe Bodensäule und die Luftkapazität bloss für eine 20 hohe Bodensäule. Die aus der ebenerwähnten Tabelle XVII ersichtliche, in den verschiedenen Schichten gewesene Wassermenge entspricht überhaupt nicht der Maximalwassermenge, die im Boden oberhalb der betr. Grundwassertiefe sein kann, sondern nur dem Wasser, das im Boden bleibt, während dieser unter den zur Versuchszeit herrschenden Verhältnissen sein Wasser nur von unten her bekommt.

In den Proben, in denen das Wasser nicht kapillar bis nach oben hin stieg, goss ich von oben her Wasser auf die Probe, um zu ermitteln in welchem Grade sie diese höhere Wasserkapazität zu bewahren vermag. Die Ergebnisse sind aus Tabelle XVIII, S. 152, zu sehen.

Vor dem Zugiessen des Wassers von oben her war das Gewicht, wenn auch sehr langsam, in folgenden Proben noch zunehmend:

2_{120}, 15_{80}, 15_{120}, 16_{120}, 23_{80}, 23_{120}, 25_{120}, 27_{80}, 28_{120}, 34_{40} und 32_{80}.

Die grosse Wasserzurückhaltung der Probe 28_{120} im Vergleich zu den anderen organischen Böden kam von der geringen Feuchtigkeitsmenge ihres oberen Endes infolge eines offenen Zwischenraums, der in der Probe gewesen.

Bedeutend lange hielt sich das Wasser nur in den längeren Mineralbodenproben. Die in den anderen Mineralbodenproben und in den organischen Böden sich haltende Mehrwassermenge war schon verhältnismässig klein, und die dauernde Gewichtszunahme blieb gering.

Kennen wir das Volumen der Probe und die in ihr enthaltene Wassermenge sowohl bei dem Ingangsetzen des Versuchs als im jeweiligen kapillaren Zustand, sind uns ferner die Wassermengen- und Gewichtszusätze bekannt, so können wir die kapillare Steiggeschwindigkeit berechnen.

Bei meinen Versuchen war die Feuchtigkeitsmenge der Probe vor dem Versuch nur für die gesamte Probe und nicht für deren verschiedene Teile bekannt.

Da diese Kapillaritätsproben beim Trocknen vor dem Versuch in den Blechröhren sich in liegender Stellung, die beiden Ende offen, befanden, so ist es sehr wahrscheinlich, dass die Austrocknung an den Enden stärker als in den inneren Teilen der Probe war. Da ausserdem die Entnahmefeuchtigkeit der Proben am unteren Ende höher als am oberen war, ist anzunehmen, dass in diesen die Feuchtigkeit auch weiterhin höher blieb, soweit der Unterschied in der Bodenbeschaffenheit nicht anderweitig auf die Sachlage einwirkte.

Wie man an der obenbeschriebenen Kapillarwassermenge sieht, erstreckt sich die Wirkung der an den offenen Enden schnellen Austrocknung jedoch nicht weit hinein, d. h. bis in etwa 5—10 cm Tiefe. Da die Feuchtigkeit der Proben vor dem Versuch gering war, bleibt der Unterschied infolgedessen auch sonst gering.

In Proben von Ackerkrume und in solchen, die aus verschiedenen Bodenarten waren, berechnete ich die prozentische Feuchtigkeit der verschiedenen Teile der Probe von der gesamten Feuchtigkeitsmenge nach dem Verhältnis wie die der von den betr. Bodenarten im lufttrockenen Zustande festgehaltenen Feuchtigkeitsmengen.

Die kapillare Steigung des Wassers im unteren Teil der Proben erfolgte bei den Versuchen geschwind. Da die Verdunstung hierbei nicht Zeit hatte nennenswert einzuwirken und da man über den Wasseraufstieg genaue Beobachtungen anstellen kann, lässt sich die Feuchtigkeitsmenge, die vor dem Versuch im unteren Teil der Probe geherrscht, teilweise präzisieren. Die berechnete Geschwindigkeit der kapillaren Steigung darf nämlich nicht die beobachtete Steigung überschreiten; sollte das Ergebnis dies anzeigen, so ist die Anfangsfeuchtigkeit zu hoch berechnet gewesen.

Aus Tabelle XIX, S. 154, ersieht man die auf obige Weise berechneten an verschiedenen Schichten fehlenden Mengen kapillaren Wassers in Volumprozenten.

Bezeichnen wir mit

V = das Bodenvolumen in cm^3,
w_p = die fehlende Kapillarwassermenge in Vol.-%,
w_t = der Zusatz der Wassermenge in cm^3 pro Stunde,
T_v = die berechnete Zeit, in welcher das am Bodenvolumen V fehlende, der Kapillarwassermenge w_p entsprechende Wasser in die Probe gestiegen ist,

so ergibt sich:

$$T_v = \frac{V \cdot w_p}{w_t \cdot 100} \text{ Stunden.}$$

Kennen wir ferner die Höhe des Bodenvolumens, so erfahren wir zugleich auch die Steigungsgeschwindigkeit, welche dem Feuchtigkeitszustand zur Zeit des Versuchs entspricht.

Wie bereits früher erwähnt, füllen sich die Poren des bei der kapillaren Steigung des Wassers in gleicher Höhe befindlichen Bodens nicht gleichzeitig, sondern es kann in dieser Hinsicht ein sehr erheblicher Unterschied in der Zeit beobachtet werden. Infolgedessen entspricht das auf die eben erwähnte Weise berechnete Maass der Steigungsgeschwindigkeit nicht der wirklichen Steiggeschwindigkeit, sondern ist gewöhnlich bedeutend geringer als diese.

Tabelle XV zeigt pro 10 cm-Höhenunterschied die beobachtete und die berechnete Steigungsgeschwindigkeit an. Bei der Berechnung dieser Geschwindigkeit habe ich die gleichzeitige Verdunstung nicht berücksichtigt.

Obgleich die aus Tabelle XX ersichtlichen Geschwindigkeiten der kapillaren Steigung in manchen Fällen für die betr. Bodenart charakteristisch sind, so sind dieselben doch nicht völlig mit einander vergleichbar, da die Versuche bei einem verschiedenen Feuchtigkeitszustand der Proben angesetzt wurden.

Aus den Tabellen XXI, XXI (a) u. XXI (b), S. 159—164, ersieht man die Wasserzusätze in cm^3, die aus jeder Probe verdunstete Wassermenge in cm^3 und in mm Wasserhöhe, sowie die entsprechende Temperatur.

Die Verdunstung erreichte bei den meisten Versuchen schon bei gewöhnlicher Zimmertemperatur ihren Höhepunkt, sodass diese verdunstete Wassermenge als Masstab der kapillaren Steigungsgeschwindigkeit für die Versuche gelten kann. In manchen Proben setzte jedoch bei elektrischer Lampenwärme eine merklich stärkere Verdunstung ein, wie aus der folgenden Fortsetzung der Tabelle XXI (b), S. 67, hervorgeht.

Die maximal Steigungsgeschwindigkeit trat jedoch auch noch nicht völlig klar zu Tage in den Proben 1_{40}, 1_{80}, 2_{40}, 5_{40}, 7_{40}, 7_{80}, 9_{40}, 12_{40} und 28_{40}.

Wie aus den Tabellen zu ersehen, ist die kapillare Steiggeschwindigkeit in Feinsand- (1), Schluff- (7—9), und Schlufflehmböden (12) ziemlich hoch, ebenso wie in Bröckelton- (23), Dü- (Mura-) (25) und Niedermoorböden (28) aus dem niedrigen Grundwasserstrand. In fetten Ton- (15, 16) und in Hochmoorböden (32), sowie aus grösserer Grundwassertiefe in Niedermoorböden ist die kapillare Steiggeschwindigkeit sehr langsam gewesen. In keiner Bodenart erlangte die kapillare Steighöhe noch ihre Maximalhöhe, wenn das Grundwasser sich in 1.20 m Tiefe befand.

Prüft man die Ergebnisse, so bemerkt man, dass die Kapillarität in den Böden, in denen die natürliche Struktur bewahrt worden ist, sehr andersartig als in den gestampften Böden ist.

Bei zukünftigen derartigen Untersuchungen wäre es angebracht, Proben von grösserem Format anzuwenden. Dann werden die dem Boden anhaftenden lokalen Sondereigenschaften, wie z. B. die Ortsteinbildung, nicht in dem Maasse nachteilig das Versuchsergebnis beeinflussen wie bei kleineren Proben; auch ist die Entnahme grösserer Proben leichter. Für sehr geeignet können solche Proben gelten, deren Radius 17.83 cm und die Verdunstungsfläche somit 1 000 cm^2 beträgt.

15) *Die chemische Zusammensetzung des Bodens.*

Die pH-, CaO-, Fe_2O_3- und Al_2O_3-bestimmungen.

Die Zahl pH wurde elektrometrisch bestimmt. In den Bestimmungen von CaO-, Fe_2O_3- und Al_2O_3 wurden die Bodenproben mit 23 %iger Salzsäure gekocht. Die Untersuchungsergebnisse sind aus Tabelle XXII, S. 167, ersichtlich.

Früher haben bei uns vor allem Frosterus und Aarnio hinsichtlich der im Vorhergehenden beschriebenen verschiedenen Bodenarten eine Menge Untersuchungen, auch über ihre chemische Zusammensetzung, ausgeführt. Da die chemische Zusammensetzung geeignet ist unsere Kenntnisse von den verschiedenen Bodenarten zu vervollständigen, habe ich es für zweckdienlich erachtet, hier einen Teil der Ergebnisse der genannten Untersuchungen anzuführen. Es ist jedoch klar, dass diese Ergebnisse die chemische Zusammensetzung der entsprechenden Bodenarten bei meiner Untersuchung nicht genau angeben können, sondern nur in grossen Zügen. Tabelle XXIII, S. 168, gestattet ein näheres Verfolgen dieser chemischen Zusammensetzung.

Das Zeichen ** bedeutet Gesamtgehalt der Bestandteile,
» » * » Gehalt in schwacher Salzsäure löslicher Bestandteile.

Der in der Tabelle erwähnte *grobe Sand* und *feine Sand* entspricht am ehesten meinen Untersuchungsproben 1—4, 5_{I}—5_{III}, 6_{III}—6_{V}, der *Lehmschluff* den Proben 7 u. 8, der *Schlufflehm* den Proben 10—14, der *fette Ton* den Proben 15—21, der *Bröckelton* den Proben 22—24 und *Tongüttja* den Proben 25—26.

16). *Die Klassifikation der Bodenarten.*

Kulturtechnisch wäre eine Einteilung der Bodenarten in Klassen auf Grund der physikalischen Eigenschaften natürlich. Da indessen ein kulturtechnisch wichtiger Faktor im Boden öfters das Gesamtergebnis mancher verschiedenen physikalischen Eigenschaften ist, und da diese Eigenschaften in den verschiedenen Bodenarten auch häufig nicht parallel wechseln, ist eine allgemeingültige Klassifikation auf dieser Grundlage nicht zu erzielen.

Ich halte daher die immer allgemeiner in Gebrauch gekommene Klassifizierung auf Grund der mechanischen Zusammensetzung des Bodens auch für kulturtechnische Zwecke als die geeignetste.

Diese Klassifizierung hat auch das für sich, dass sie im Sprachgebrauch des Volkes eine praktische Stütze hat. Zwar ist dieser Gebrauch insofern örtlich schwankend, als z. B. der Bewohner von Grobsand- und Feinsandgegenden mit Lehm jene Böden bezeichnet, die etwas lehmiger Feinsandschluff oder etwas lehmiger Feinsand sind, und dass auch in den Begriffen grober und feiner Sand, wie auch feiner Sand und Schluff eine deutliche Unterscheidung nicht besteht. Im Grossen und Ganzen laufen jedoch der Sprachgebrauch des Volkes hinsichtlich der Bodenarten und die auf die mechanische Zusammensetzung des Bodens sich gründende Klassifikation parallel.

Um praktische Bedeutung zu erlangen, muss die Klassifikation so sein, dass die Nomenklatur der in der Natur vorkommenden Bodenarten dieselben von einander unterscheiden kann und dabei auch zur Kennzeichnung derselben nach ihren Eigenschaften geeignet ist. Dies lässt sich jedoch nicht durch eine schematische Anwendung der mechanischen Bodenanalyse, dass man die Böden nur nach den Prozentanteilen ihrer verschieden grossen Partikel kennzeichnet und benennt, erreichen.

Auf Grund der durch mechanische Bodenanalyse gewonnenen Ergebnisse könnte man z. B. die der Probe 9 und den Proben 25—26 entsprechenden Bodenarten für gleich oder zum mindestens einander sehr nahe stehend halten; allein schon beim Vergleichen des Volumgewichts, der Porosität oder der Schwindung bemerkt man, dass es sich um ganz verschiedene Bodenarten handelt. Auch die den Proben 7 u. 8 entsprechenden Bodenart könnte man fast für die gleiche wie 9 halten, da noch dazu Volumgewicht, Porosität, Schwindung u. s. w. beinahe dieselben sind. Nur in der Menge der organischen Bestandteile und der Feuchtigkeit im lufttrockenen Zustande besteht ein grösserer Unterschied; man könnte deshalb annehmen, dass die Bodenart Nr. 9 leichter wäre. Tatsächlich aber verhält es sich umgekehrt, und Nr. 9 ist betreffs ihres Bearbeitungswiderstandes im allgemeinen schwerer als die Bodenart von Nr. 7 u. 8. Ferner erscheinen einerseits die den Proben 10—14 und andrerseits die den Proben 22—24 entsprechenden Bodenarten einander gleich oder wenigstens nahe verwandt. Schon der Vergleich des Volumgewichts zeigt jedoch, dass dies nicht der Fall sein kann.

Da sich also die verschiedenen Bodenarten nicht ausschliesslich auf Grund der mechanischen Zusammensetzung unterscheiden lassen, muss die hierauf aufzubauende Klassifikation vervollständigt werden.

Am natürlichsten vom kulturtechnischen Standpunkt aus könnte diese Vervollständigung der Bodenarteneinteilung auf Grund der physikalischen Eigenschaften des Bodens geschehen. Vom praktischen Standpunkt aus ist es natürlich wertvoll, sich auf möglichst wenige Bestimmungen — am besten selbstverständlich auf nur eine — beschränken zu können.

Die Ermittelung des Porenvolumens z. B. ist unnötig, denn mittels des Volumgewichts wird diese Eigenschaft schon genügend gekennzeichnet, und folglich wird auch die Bestimmung des spez. Gewichts des Bodens überflüssig. Beim Vergleichen der maximalen Wasserkapazität bemerkt man einen deutlichen Grössenunterschied in den verschiedenen Bodenarten in Fällen, wo die mechanische Bodenanalyse gleichartige Ergebnisse zeigt; so ist die Maximalwasserkapazität von Probe 9 nur c. 50 Vol.-% und 30 Gewicht-%, aber bei den Proben 25—26 73 Vol.-% und 52 Gewicht-%, ebenso wie die Maximalwasserkapazität der Proben 10—14 nur etwa 42 und 22 %, aber diejenige der Proben 22—24 resp. etwa 66 und 46 % beträgt. Es ist begreiflich, dass die maximale Wasserkapazität des Bodens je nach der Porosität schwankt, wie es auch in diesen Fällen zutage tritt. Aus demselben Grunde weshalb die Bestimmung des Porenvolumens unnötig ist, ist dies auch die Bestimmung der maximalen Wasserkapazität.

Die hygroskopische Feuchtigkeit wird sehr allgemein neben der mechanischen Zusammensetzung zur Kennzeichnung der Eigenschaften der Bodenarten angewandt. Auf Grund derselben kann man auch schon einen Unterschied feststellen, wenn man die Bodenarten der Proben 7, 8 und 9 und diejenigen der Proben 25 und 16, wie auch die den Proben 10—14 und 22—24 entsprechenden Bodenarten untereinander vergleicht. Die Hygroskopizität in 7—9 ist c. 3.7 %, in 25—26 c. 10.0 % und in 10—14 c. 3—8 % und in 22—24 c. 13.5 %.

Einen ähnlichen typischen Unterschied zeigt auch die Feuchtigkeit des lufttrockenen Bodens; diese ist nämlich in den Böden 7—8: 1.25—2.1 Gewichts-%, in 9: 1.75—2.83 Gew.-%; aber in 25—26: 2.80—3.74 %, sowie ferner in 10—14: 1.23—3.0 % aber in 22—24: 3.78—6.14 %. Hingegen kann man eine Unterscheidung der Bodenarten 7—8 von den Bodenarten 10—14, deren mechanische Zusammensetzung gleichartig sein kann (vgl. auch Aarnio: Etelä-Pohjanmaa; 47; 1927, die Tone auf S. 38 u. 39), weder auf Grund der Hygroskopizität noch der lufttrockenen Feuchtigkeit machen.

Daher kann weder die Hygroskopizität noch auch die Feuchtigkeit des lufttrocknen Bodens bei der Einteilung als ein in jeder Beziehung befriedigendes, die mechanische Zusammensetzung ergänzendes Merkmal gelten.

Auch die Konsistenzeigenschaften der Böden zeigen recht unbestimmte und in manchen verschiedenen Bodenarten sehr geringe Schwankungen, sodass auch sie nicht in Frage kommen.

Auch mit Hilfe der Trockenschwindung lassen sich im Bedarfsfalle keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Bodenarten ermitteln, obgleich dieselben nicht selten recht charakteristisch sein können.

Dasselbe ist der Fall mit der Teiloberfläche des Bodens, die ausserdem schwer bestimmbar und ihrer Forschungsunterlage nach nicht sicher begründet ist.

Neben der mechanischen Zusammensetzung scheint das Volumgewicht des Bodens ein Mittel zu ergeben, mit dem man am praktischsten Bodenarten von einander unterscheiden kann und das sich infolgedessen als Hilfseigenschaft bei der Klassifizierung anwenden lässt. Der Gedanke die mechanische Bodenanalyse durch die Bestimmung der hygroskopischen Feuchtigkeit zu ersetzen, würde zu keinen richtigen Ergebnissen führen. Mittels derselben würden z. B. so weit von einander entfernte Bodenarten wie grober Sand- und feiner Sand- und Schluffboden schwer zu unterscheiden sein. Das erhellt schon beim Vergleich der Hygroskopizität von den Proben 1—10 miteinander. So hat auch Aarnio (1; 1927; 37—39) Hygroskopizitätswerte erhalten, die in grobem Sand zwischen 0.10—3.27, in feinem Sand zwischen 0.73—4.30 und in geschichtetem Lehm zwischen 1.79—6.59 schwanken. Auch Bonacker (72; 1928; 17) erhielt bei seinen Hygroskopizitätsuntersuchungen betr. verschiedener Fraktionen bei Abnahme der Grösse derselben sich vermindernde Hygroskopizitätswerte, also umgekehrt als man annehmen sollte; gerade so erhielt er in verschiedenen Böden von Fraktion 2.0—0.2 die Hygroskopizität 5.7 und von Fraktion 0.2—0.1 ebenfalls 5.7, aber von Fraktion 0.1—0.05 nur 2.4 und von 0.05—0.02 nur 2.5. In einem anderen Fall waren diese Werte 5.0, 6.2, 4.9 und 6.6. Vergleicht man ausserdem z. B. die Hygroskopizität der Bodenproben 15 und 25 und der Proben 17 und 23—24, so sieht man, dass man mit Hilfe der Hygroskopizität die mechanische Bodenanalyse nicht entbehrlich machen kann.

Eine auf der mechanischen Bodenzusammensetzung fussende Einteilung in Klassen muss daher weiterhin als das Fundament gelten, auf das die Einteilung der Bodenarten sich hauptsächlich stützt, und dessen beste Ergänzung die Kenntnis des Volumgewichts darstellt.

Die von Atterberg in Vorschlag gebrachte und international zur Anwendung vorgeschlagene Korngrösseneinteilung ist bei den mechanischen Bodenanalysen die folgende (9; 1927; 15—16):

Korngrössenskala:		Name:
> 20	cm	Block (finn. louhe; schw. block)
20—2	»	Stein (finn. kivi; schw. sten)
2—0.2	»	Kies (finn, sora; schw. grus)
2—0.2	mm	Grobsand (finn. hiekka; schw. sand)
0.2—0.02	»	Sand (finn. hieta; schw. mo)
0.02—0.002	»	Schluff (finn. hiesu; schw. mjäla)
< 0.002	»	Ton (finn. savi; schw. lera)

Manche haben hierzu eine Untereinteilung aufgestellt.

Unleugbar erhält man einen umso vollständigeren Begriff von der mechanischen Bodenzusammensetzung, je enger die Gruppen begrenzt werden.

Ich habe es nicht für nötig gehalten bei meinen Untersuchungen die Hauptgruppen der Korngrössen noch weiter einzuteilen, da diese schon die deutlichen Unterschiede betreffs der Haupttypen der von mir zur Untersuchung erwählten, ackerbaulich wichtigsten Bodenarten hervortreten lassen, soweit dies von der Grösse der Mineralteilchen des Bodens abhängt. Falls die derart ausgeführte mechanische Bodenanalyse nicht hinreichend irgendeine Bodenart charakterisiert hat, war dies nicht auf die Mangelhaftigkeit der Gruppenteilung, sondern weit eher auf die Struktur und den Humusgehalt des Bodens zurückzuführen.

Da die charakteristischen Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten in denselben häufig nicht damit übereinstimmen, was man nach der prozentisch am stärksten vertretenen Korngrösse voraussetzen könnte, ist die Wahl der Bodenartbezeichnung nicht immer ohne weiteres klar. So vermag schon ein verhältnismässig kleiner Prozentsatz von Ton- oder organischen Bestandteilen einer Bodenart ihre besonderen Eigenschaften zu verleihen.

Die Eigenschaft der Tonbestandteile beim Trocknen zu schwinden und hart zu werden, ist sowohl vom Entwässerungs-, vom Bewässerungs-, wie auch vom arbeitstechnischen Standpunkt aus sehr wichtig.

Daher ist es im kulturtechnischen Sinne zweckdienlich, zu den Tonen nur jene Mineralbodenarten zu rechnen, die schon in ihrem natürlichen Vorkommen beim Trocknen merklich hart werden oder schwinden oder beides tun, bei denen also die Toneigenschaften den hauptsächlichen Charakter des Bodens bestimmen.

Infolge dieser Einschränkung scheiden eine Menge als »Lehm oder Leichter Ton» bezeichnete Böden von den Lehm- und Tonböden aus und zählen zu den Schluffböden und den etwas tonhaltigen Feinsandschluffböden.

Ausserdem vermeiden wir durch diese die praktischen Eigenschaften des Tons berücksichtigende Einteilung auch, dass kulturtechnisch so sehr verschiedene Böden, wie es diese Schluff- und geschichteten Schlufflehmböden sind, in dieselbe Klasse geraten, wie es z. B. in Ekströms (19; 1927; 52, 53) Klassifikation der Fall ist.

Die bei Bodenuntersuchungen üblichen Termen »leicht» und »schwer» sind oft kulturtechnisch irreführend. Dass dies der Fall ist, erhellt u. a. auch aus Ekström's (9; 1927; 36) Äusserung: »Was die von mir angewandten Termen »leicht» und »schwer» (schw. styv) im Zusammenhang mit den Bezeichnungen »leichter Ton» und »schwerer Ton» usw. betrifft, so ist ausdrücklich zu betonen, dass diese Bezeichnungen nicht auf eine leichtere oder schwerere Bearbeitbarkeit hindeuten. Sie dienen nur dazu, den Grad der Feinheit der verschiedenen Tonböden auszudrücken, besonders ihren Gehalt an kolloiden Tonbestandteilen.»

Die Anwendung der Bezeichnung »leicht» für geschichtete Lehmböden; die in trockenen Zustand ihrem Ausgrabungswiderstand nach Hackenböden sein können, scheint kulturtechnisch nicht zweckdienlich zu sein, ebensowenig wie die Bezeichnung »schwer», da der betr. Boden leichtester Stichboden und sogar auch vom Standpunkt der landwirtschaftlichen Bearbeitung aus verhältnismässig leicht sein kann. Daher gebrauche ich bei geschichteten Lehmböden die Bezeichnung ihrer Fraktion als Ergänzung, was am besten die Natur des Bodens charakterisiert, nämlich »Schluff», und bei tonbestandteilreichen Böden die in der Ziegelindustrie angewandte Bezeichnung »fett», welche geradezu auf die Reichhaltigkeit der Tonbestandteile hinweist.

Beim Uebergang von Mineralböden zu Humusböden ist schwer zu bestimmen, wann die Bezeichnung »Ton» gegen »Güttja» zu vertauschen ist, denn die Mineral- und organischen Kolloide besitzen verschiedene in gleicher Richtung sich ändernde Eigenschaften hinsichtlich ihrer Trockenschwindung und Verhärtung. Schon eine kleine Menge organischer Kolloide scheint jedoch in beträchtlichem Maasse die Trockenschwindung zu befördern, ebenso wie das Hartwerden beim Trocknen zu vermindern. Ekström (9; 1927; 65) wendet provisorisch die Bezeichnung »Tongüttja» für tonhaltige Böden an, wenn der Humusgehalt über 6 Gew.-% ist, während die Grenze zwischen Humus- und

Mineralböden sonst bei 15 % liegt. Im Ganzen teilt er die Mineral- und Humusböden (9; 1927; 32) nach ATTERBERGS (73; 1912; 14, 15) Beispiel wie folgt ein:

	Gew.-% Humus
humushaltige Mineralböden	< 15
mineralhaltige Humusböden	15—40
Humusböden	> 40

Die humushaltigen Mineralböden sind hauptsächlich Ackerkrumenböden und EKSTRÖM (9; 1927; 32) stellt nach ATTERBERGS Beispiel eine Einteilung derselben in folgende Klassen auf:

	Gew.-% Humus
humusarme Ackerkrume	3
humusreiche »	3—6
sehr humusreiche Ackerkrume	6—15

Ich halte diese von ATTERBERG vorgeschlagene und von EKSTRÖM gutgeheissene Einteilung auch für kulturtechnische Zwecke als geeignet; nur den von EKSTRÖM vorläufig vorgeschlagenen 6 % Mindestgehalt an Humus als Bedingung für die Bezeichnung Güttja scheint mir zu hoch, denn es gibt typische Güttjaböden, in denen der Humusgehalt nur bis auf 4 Gew.-% steigt, wie z. B. in den Proben 25_{III-IV} u. 26_{III-IV}. Obschon man möglicherweise vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus in gewissem Sinne die Behandlung der Ackerkrumenschicht als besondere Bodenart und ihre Rubrizierung als eigene Gruppe, wie EKSTRÖM es getan hat (9; 1927; 148—153), verstehen kann, ist dies jedoch kulturtechnisch überflüssig. Bei der Untersuchung der Bodeneigenschaften ist es für letztgenannten Zweck ausreichend den Humusgehalt und die Dicke der Ackerkrume zu kennen; nur falls die Ackerkrume einer anderen Bodenart als der Untergrundboden angehört, muss dies natürlich bei der Bodenuntersuchung besonders beachtet werden.

Eine Bodeneigenschaft, der bei der Bodeneinteilung verhältnismässig geringe Aufmerksamkeit geschenkt wird, die aber namentlich in kulturtechnischer Beziehung für bedeutungsvoll gehalten werden sollte, ist die Festigkeit des Bodens. Diese Kenntnis würde besonders für die Abschätzung des Ausgrabungswiderstandes und der Festigkeit des Untergrundes der Böden wichtig sein. Eine Menge darauf hinzielender Untersuchungen sind freilich ausgeführt worden, so z. B. die vom Geotechnischen Büro der Staatseisenbahnen ausgeführten Bestimmungen der Feinheitswerte, die Bindigkeitsgrad- und direkten Festigkeitsprüfungen. Da hierbei jedoch Böden verwertet wurden, deren natürliche Struktur zerstört war, so ist die Bedeutung dieser Untersuchungen lediglich theoretischer Art.

Da die Kenntnis des Ausgrabungswiderstandes nicht nur vom arbeitstechnischen Gesichtspunkt aus wichtig ist, sondern auch angetan wäre die praktische Bedeutung mancher Bodeneigenschaften zu erhellen, so müsste in einer kulturtechnischen Bodenuntersuchung auch diese Seite beachtet werden, und zwar wären für derartige Untersuchungen nur Böden in natürlicher Lage und Schichtung zu berücksichtigen.

Bei meinen Referaten über Bodenarten benutze ich in dieser Hinsicht folgende Klassifizierung und Bezeichnungen:

Schaufelboden		(1 m)
Stichboden:	sehr leicht	(v. hp. pm.)
	leicht	(hp. pm.)
	ziemlich leicht	(hphk. pm.)
	ziemlich schwer	(vkhk. pm.)
	schwer	(vk. pm)
	sehr schwer	(v. vk. pm)
Hackenboden:	leicht	(hp. im.)
	schwer	(vk. im.)
	sehr schwer	(v. vk. im.)

Schaufelboden ist seiner Struktur nach so locker, dass beim Ausgraben desselben mit dem Spaten kein besonderes Treten nötig ist. In Stichböden bleibt der Boden beim Ausgraben in Stichstücken. In sehr leichten Stichböden dringt ein scharfer Spaten (172 B) bei leichtem Anlehnen des Körpers in den Boden; in leichtem Stichboden ist schon ein leichter Tritt und in ziemlich leichtem Stichboden ein kräftiger Tritt nötig.

In ziemlich schwerem Stichboden genügt nicht mehr einmaliges Treten, um den Spaten voll hinein zu drücken, in schwerem muss man 3 mal und in sehr schwerem 4—5 mal treten.

Bei leichtem Hackenboden kann noch die gewöhnliche Aufgrabart in Frage kommen; aber die Anwendung besonderer Hackgeräte, wie Hacke oder Brechstange ist schon ebenso angebracht; in schwerem Hackenboden ist man direkt gezwungen Hackgeräte zu benutzen; aber erst in sehr schwerem Hackenboden bereitet die Härte des Bodens auch bei Benutzung dieser Werkzeuge Schwierigkeiten.

Bei den zukünftigen Untersuchungen über den Grabwiderstand sollte die Untersuchungsmethode auch in dieser Beziehung auf eine exakte Grundlage aufgebaut werden.

Ekström hat eine Einteilung besonders für Moränenböden neben den sortierten Bodenarten aufgestellt. Kulturtechnisch betrachtet könnte man das für gut halten wegen des besonderen technischen Charakters dieser Böden. Aus demselben Grund wäre es auch gut die postglazialen Bodenarten getrennt zu klassifizieren.

Da dies jedoch drei Parallel-Klassifikationen ergeben würde, in denen gleiche Bezeichnungen öfters zu gebrauchen wären, bleibt doch die Vereinigung derselben wünschenswert. Eine Folge solcher Verquickung wäre freilich, dass in der Klassifikation der Bodenarten die Anwendung einer auf die Struktur hindeutenden Bezeichnung nicht gänzlich zu vermeiden wäre.

Für unsere einheimischen Verhältnissen schlage ich als kulturtechnisch zweckdienlich folgende Klassifikation der Bodenarten vor (vgl. auch Keso 75; 1923; 104—111 und Ekström 9; 1927; 75, sowie Aarnio 76; 1928; 64, 65 und Warén 32; 1925; 20—22), in der die Namen der für die Strangentfernungsversuche gewählten Bodenarten gesperrt gedruckt sind.

A. *Mineralböden*

1.	Geröllboden	(schwed. blockjord;	finn. louhikko)
2.	Steinboden	(» stenjord;	» kivikko)
3. a.	Kiesboden	(» grus;	» soramaa)
b.	Moränenkiesboden	(	» somerikkosoramaa)

4. a. Grobsandboden (schwed. sandjord; finn. hiekkamaa). [Proben 3_{I-IV}, 4_{I-IV}, 5_{I-III}]
b. Moränengrobsandboden » somerikkohiekkamaa)
5. a. Feinsandboden (schw. grovmo, finmo; » hietamaa, [1, 2, 6_{IV-V}]
b. Moränenfeinsandboden (schw. moränmo, » somerikkohietamaa)
6. a. Schluffboden (» mjälajord; » hiesumaa)
b. Lehmschluffboden (schw. lättlera; finn. savihiesumaa, [7, 8, 9_{I-IV}]
7. Lehm- und Tonböden
a. Moränenlehmboden (schw. moränlättlera, moränmellanlera; finn. somerikkosavimaa)
b. Dichter Schlufflehmboden (schw. lättlera, mellanlera; finn. tiivis hiesusavimaa), [3_{V-IV}, 4_{V-VI}, 5_{IV-VI}, 6_{I-III}, 9_{V-VI}, 10—14]
c. Fetter Tonboden (schw. styvlera, mycket styv lera; finn. lihava savimaa) [16—21]
d. Lockerer Schlufftonboden (schw. lättlera, mellanlera; finn. löyhä hiesusavimaa)
e. Bröckeltonboden (schw. gyttjelera; finn. urpasavi), [22—24].

B. *Güttjaböden*

1. Tongüttjaboden (schw. lergyttja; finn. saviliejumaa) [25_{III-IV}, 26_{III-VI}].
2. Güttjaboden (» gyttja; » liejumaa).
3. Düboden (» dyjord; » muramaa) [25_{I-II}, 26_{I-II}, 27_{I-III}].

C. *Torfböden.*

1. Niederungsmoor (schw. kärrtorv; finn. mutasuo): Schilftorf, Schachtelhalmtorf, Reisertorf, Waldtorf, Braunmoostorf).
2. Hochmoor (schw. mosstorv; finn. rahkasuo): Sphagnum fuscum-hochmoor, Eriophorum-, Carex-, Zwergbirken- und Waldhochmoor.

In dieser Klassifizierung repräsentieren die Güttjaböden eine Zwischenstufe zwischen den Mineral- und Torfböden. Von den Mineralböden kommt der Bröckelton dem Tongüttja der Güttjaböden sehr nahe und der Dü der Güttjaböden dem Schilf- und Schachtelhalmtorf der Torfböden.

Der Übergang von einer Bodenart zur anderen geschieht im allgemeinen allmählich. So gehen die groben Sandböden allmählich in die feinen Sandböden über, desgleichen diese in die Schluffböden und weiterhin in die Tonböden. Ebenso erfolgt der Übergang von den Moränengrobsandböden zu den Moränenfeinsandböden u. s. w. allmählich. Auch gibt es solche verbindende Bodenarten beim Übergang von Lehmschluffboden zu lockerem Schlufftonboden, von diesem weiter zu Bröckeltonboden und von diesem zum Tongüttjaboden.

Dagegen kann man von solchen Zwischenstufen nicht sprechen zwischen Moränengrobsand-, -feinsand- und -lehmböden einerseits und sortierten Grobsand-, Feinsand-, Schluff- u. Schlufflehmböden andrerseits. Ebensowenig von Zwischenbodenarten zwischen Schluff- u. Lehmschluffboden, noch auch zwischen fettem Ton- und lockerem Schlufftonboden.

Die von mir aufgestellte Klassifikation weicht von der Ekström'schen darin ab, dass ich in meiner Einteilung den lockergefügten litorina-Bodenarten eigene Namen gegeben und sie nach der mechanischen Zusammensetzung nicht

mit den entsprechenden glazialen Bodenarten vereinigt habe. So ist z. B. der dichte und meist zugleich auch deutlich geschichtete Schlufflehmboden nicht mit dem lockergefügten Schlufftonboden verquickt worden, welche beide EKSTRÖM mit den leichten Lehmböden zusammenbringt (9; 1927; 52). Auch darin besteht ein Unterschied, dass, während EKSTRÖM die Düböden nur in die Humusböden einreiht, in denen an Humusbestandteilen > 40 % sind, in meinen eigenen Untersuchungen der Humusgehalt der typischen Düböden ($25_{I, II}$, $26_{I, II}$ und $27_{I—III}$) zwischen 15 u. 50 Gew.-% schwankt.

17) *Die Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten.*

In diesem Kapitel sind die Eigenschaften der in der eben entwickelten Klassifikation aufgeführten Bodenarten kurz zusammengefasst: die vorwaltende Korngrösse, der %-anteil der Tonbestandteile, die Menge der organischen Bestandteile, das Volumgewicht, die Porosität, die maximale Wasserkapazität, die Hygroskopizität, die Schwindung, die Teiloberfläche, die Höhe und Geschwindigkeit der kapillaren Wassersteigung, sowie die Ausgrabungschwierigkeit. Ausserdem habe ich die Entstehung und den Kulturwert der behandelten Bodenarten erwähnt, sowie die makroskopisch wahrnehmbaren Eigenschaften beschrieben.

18) *Die makroskopische Bestimmung der Bodenarten.*

Das Bestimmen der Bodenarten durch Laboratoriumsuntersuchungen geschieht am zweckmässigsten mittels mechanischer Bodenanalyse und Volumgewichtsbestimmung des natürlichen Bodens, wie weiter oben schon dargelegt.

Wenn man im praktischen Betrieb immer gezwungen wäre, zur Bestimmung der vorliegenden Bodenart zu Laboratoriumsuntersuchungen zu greifen, so würde das zu übermässigen praktischen Schwierigkeiten führen. Daher ist es nicht nur wünschenswert, sondern geradezu unumgänglich notwendig, über irgend ein einfacheres Verfahren verfügen zu können, um die jeweilig in Frage stehende Bodenart zu erkennen. Am ehesten lässt sich dies erreichen auf Grund von vorwiegend makroskopischen Prüfungen des Bodens im Zusammenhang mit Beobachtungen auf dem Feld selber. Bei den Beobachtungen sind zu berücksichtigen: Korngrösse, Farbe, Ausgrabungschwierigkeit und Struktur des Bodens, Veränderungen in der Struktur des beiseite geworfenen Bodenmaterials, Trockenschwindung u. s. w.

Auf Grund der *Korngrösse* lassen sich die Bodenarten durch ihr Aussehen voneinander unterscheiden bis zu den Feinsandböden hinunter. Sehr feiner Sand ist schon schwierig von Schluffboden zu unterscheiden, und die Lupe kann da gute Dienste leisten. Neben der Korngrösse ist jedoch in den Feinsandböden auf die Struktur zu achten, m. a. W. ob der Boden locker oder fest ist, was u. a. als verschiedenartige Ausgrabungschwierigkeit zutage tritt, indem der lockergefügte Feinsandboden Schaufelboden und der dichtgefügte ziemlich leichter Stichboden ist. In Grobsand- und Feinsandboden ist es wichtig auch darauf zu achten, ob die Struktur geschichtet ist, wobei der Boden häufig

sehr fest erscheint, selbst der seinem Ausgrabecharakter nach schwere Stichboden. Das Volumgewicht der lockeren Strukturen bleibt unter 1 400 kg/dm³ und kann in geschichteten ortsteinartigen bis zu 1.75 kg/dm³ steigen. Kulturtechnisch wichtig ist es ausserdem dem Eisengehalt in Grob- und Feinsandböden, sowie der Eisen- und Tonverkittung Aufmerksamkeit zuzuwenden. Schon ein verhältnismässig kleiner Eisengehalt vermag den Grob- und Feinsandböden eine deutlich braune und rotbraune Farbe zu verleihen. Beiseitegeworfen zerfällt Grob- und Feinsandboden in lose Körner. Nur die Ortsteinarten können in Stücken bleiben.

Die *Grob-* und *Feinsandböden* zeigen in ihrer Beschaffenheit gewöhnlich auch innerhalb von kleinen Gebieten recht beträchtliche Schwankungen im Gegensatz zu den Schluff-, Ton- und Güttjaböden, die häufig in weitem Umkreis gleichartig bleiben. Deshalb sind in Grob- und Feinsandböden die Versuchsgruben verhältnismässig dicht beieinander zu graben.

Die Schluffböden makroskopisch von den sehr feinen Sandböden und andrerseits von den Schlufftonböden zu unterscheiden ist schon schwieriger.

Die *Schluffböden* zeigen eine sehr helle Farbe und fühlen sich mehlartig an, wobei sie sich von den Feinsandböden darin unterscheiden, dass man in den letzteren beim Reiben zwischen den Fingern die Körnigkeit nicht fühlt, und dass sie, beiseitegeworfen, nicht wie die Feinsandböden in lose Teilchen zerfallen, sondern in kleinen Stücken bleiben, die freilich bei schwachem Druck zu Pulver zerfallen.

Von den Lehm- und Tonböden unterscheiden sich die Schluffböden darin, dass sie sich auch in feuchtem Zustand nur unbedeutend schleimig anfühlen, und dass sie beim Trocknen weder besonder hart werden noch schwinden. Ihrer Ausgrabungschwierigkeit nach sind auch die Schluffböden leichte Stichböden, während sie sich beim Trocknen in ziemlich leichte Stichböden verwandeln. Deutlich sichtbare Rissigkeit tritt nicht auf.

Lehmschluffboden unterscheidet man besonders daran, dass er in Stücke mit Rostüberzug zerfällt; seine Farbe ist hellbraun-gelblich, und das Grundwasser, sofern welches im Boden ist, dringt langsam hervorsickernd in die Grube ein.

Die makroskopische Unterscheidung der verschiedenen Tonbodenarten voneinander erfordert eine namhafte Bodenkenntnis, insbesondere deshalb, weil sie je nach ihrem Feuchtigkeitszustand, im Aussehen und Beschaffenheit so stark variieren. Am besten sind diese Böden im trockenen Zeiten von einander zu unterscheiden. Dabei ist der dichte *Schlufflehmboden* betr. seiner Ausgrabungschwierigkeit sehr schwerer Stichboden, sogar beinahe Hackenboden; er zerbröckelt in unregelmässige Stücke oder längs der Schichtflächen, und die Rissigkeit ist sehr unbedeutend. Die Schnittfläche ist im allgemeinen matt und nur in den fetten Schlufflehmböden glänzend.

Die Spatenarbeit in *fetten Tonböden* ist ebenfalls in trockenen Zeiten leichter, da dieselben dann die Eigenschaften eines ziemlich schweren Stichbodens zeigen: der Boden zerfällt dabei in scharfkantige Stücke, die dabei jedoch grösser als zu feuchten Zeiten sind. Ausserdem entstehen im fetten Tonboden beim Trocknen grosse, tiefe Risse. Die Schnittfläche ist sehr glänzend.

Lockerer Schlufftonboden ist auch in trockenem Zustand ziemlich leichter Stichboden und unterscheidet sich darin von dem dichten Schlufflehm; beiseitegeworfen zerfällt er in unregelmässige Brocken, deren Oberflächen nicht rostig

sind; seine Farbe ist, von fettem, wie von Bröckelton abweichend, hell. Ferner macht diese Bodenart einen sandigen (porösen) Eindruck trotz ihres ziemlich hohen Tongehaltes.

Bröckeltonboden unterscheidet sich von fettem Tonboden in trockenen Zeiten dadurch, dass er ein leichter Stichboden und schon bei ungestörter Lagerung gewöhnlich bis zu 40 cm Tiefe deutlich krümelig ist; beiseitegeworfen zerfällt er auch in trockenem Zustand zu Krümeln, die in den tieferen Schichten mit Rost bezogen sind; nahe der Grundwassertiefe treten offene Spalten auf. Von dem Lehmschluffboden unterscheidet sich diese Bodenart durch ihre etwas grünlich-dunkelgraue Farbe und ihre Spaltung, welche beim Graben ein schnelles Herausdringen des Grundwassers in die Grube bewirkt.

In feuchten Zeiten ist es schwerer makroskopisch die Lehm- Tonböden voneinander zu unterscheiden, denn die ebenerwähnten Abweichungen werden geringer und die Rissigkeit tritt weniger deutlich hervor.

In feuchtem Zustande sind die Moränentonböden noch Hackenböden, die festen Schlufflehmböden aber verändern sich hierbei von sehr schweren Stichböden in schwere und ziemlich leichte Stichböden und die fetten Tonböden aus schweren in leichte und sehr leichte Stichböden.

Beim Ausgraben in nassem Zustand behalten die Stücke des beiseitegeworfene Bodens bei dichtem Schlufflehmboden besser ihre Stichform, zerfallen aber bei fettem Tonboden zu Brocken, die kleiner und scharfkantiger sind als zu trockenen Zeiten.

Ferner besteht auch ein Unterschied in den Farben; so sind die Schlufflehmböden heller grau und fetter Tonboden dunkel- oder schwarzgrau. In lockerem Schluffton- und Bröckeltonboden sind, makroskopisch gesehen, keine bemerkenswerte Unterschiede bei veränderter Feuchtigkeit wahrzunehmen. Das deutlichste Unterscheidungsmerkmal in feuchten Zeiten ist, dass im Bröckeltonboden das Grundwasser in die ausgegrabene Grube freifliessend eindringt, während das Wasser im fetten Tonboden nur langsam heraussickernd in die Grube dringt.

Wo diese verschiedenen Tonbodenarten ununterbrochen in Grundwasser gewesen und dadurch seifig geworden sind, ist es verhältnismässig schwer, sie makroskopisch von einander zu unterscheiden. Hierbei ist Schlufflehmboden jedoch in Bezug auf das Ausgraben schwerer als fetter Tonboden und Bröckeltonboden, von denen letzterer fast gallertartig weich erscheinen kann und die Stange dank ihrem eigenem Gewicht hineinsinkt.

Tongüttjaboden unterscheidet sich von Bröckeltonboden makroskopisch am besten durch die Farbe, die im erstgenannten, wenn derselbe feucht ist, gewöhnlich grünbraun und wenn trocken, hellgrau erscheint, wobei der Boden ausserdem sich leicht wie Baumschwamm anfühlt.

19) *Die Verbreitungsgebiete und die Ausdehnung des Anbaues der verschiedenen Bodenarten.*

Vom Gesichtspunkt vorliegender Arbeit aus ist es besonders wichtig die kulturelle Bedeutung der zu den Strangentfernungsversuchen gewählten Böden zu beachten.

Ganz summarisch geschätzt verteilt sich der Ackerboden Finnlands auf die verschiedenen Bodenarten wie folgt:

Grob- und Feinsandböden	300 000 ha
Moränengrob- u. Feinsandböden	320 000 »
Lehmschluffböden	150 000 »
Dichte Schlufflehmböden	450 000 »
Fette Tonböden	350 000 »
Bröckeltonböden	40 000 »
Niedermoor	400 000 »
Hochmoor	20 000 »
Zusammen	2 030 000 ha

B. Die beim Bestimmen der Strangentfernung angewandten Methoden.

1. *Frühere Vorschläge über Strangentfernungsbestimmungen.*

In diesem Kapitel habe ich die bei den Strangentfernungsbestimmungen angewandten Methoden besprochen:

die früher angewandte experimentelle Dränung, Vorschläge dargestellt von: Colding (61; 1921; 29, 30), Saatz (83; 1901; 10), Perels und Wäge sowie Leclerc (82; 1884; 385—387), John Scott (84; 1911 II. Teil, 137), General Board of Health (86; 1926; 163), Vincent (85; 1890; 119—120), Die von den Schweizer Landwirtschaftlichen Vereinen eingesetzte Kommission, Seyferth (87; 1902, 407—409), Die Anweisung von der Königl. Generalkommission für die Provinz Schlesien (88; 1910; II. Teil, 36, 37), Kopécky (83; 1901; 3—21), Kornella (87; 1902; 407—409), Gerhardt (89; 1903; 285—287 und 90; 1909: 407—413), Blauth (91; 1903; 791—796), John (92; 1907; 300), Friedrich (92; 1907; 298—302 und 93; 1923; 352—357), Canz-Fauser (94; 1908; 300—306 und 95; 1927; 7), Bersch (96; 1909; 61—68), Spöttle (84; 1911; 134—139), Breitenbach (97; 1911; 165), King (98; 1918; 437—442), Aspegren (99: 1918; 29), Krüger (35; 1921; 126—129), Feilberg (61; 1921; 127—130), Zunker (54; 1921; 561—603 und 115; 1926; 371 und 8; 1928; 38—131), Flodqvist (51; 1922; 27—30), Janota (Hier S. 211—212), Robb und Behrends (101:1924; 271), Schroeder (102; 1924; 20—24 und 105; 1928; 463—466), Rothe (103; 1924; 453—490 und 106; 1929; 155—169), Freckmann und Janert (65; 1924; 116—122 und 115; 1926; 367), Claus (104; 1925; 38—44), Solnar (47: 1927; 79), Schildknecht (28; 1927; 5—64), Fauser (95; 1927; 5—19), Janert (59; 1927; 427—474), und Bonacker (72; 1928).

Wie aus der einschlägigen Literatur hervorgeht, weichen die Meinungen über die Grundsätze, welche beim Bestimmen der Strangentfernung massgebend sind, ganz erheblich von einander ab. Während einige, wie z. B. Claus, nur auf das Grundwasser Gewicht legen und es für hinreichend erachten, die Grundwasseradern zu finden und abzuleiten, so halten manche, wie Kopécky u. a. m. eine genaue Untersuchung der Bodenbeschaffenheit für ganz unumgänglich für die Bestimmung der Strangentfernung. Andere wiederum meinen,

dass man nur durch Versuche auf dem Felde zu einem zuverlässigen Ergebnis kommen kann, indem die Dränung versuchsweise nur zum Teil ausgeführt wird, wie man früher verfuhr und zuletzt SCHROEDER es vorgeschlagen hat, oder indem Versuche über die Wasserdurchlässigkeit des Bodens ausgeführt werden, wie es z. B. COLDING u. a. befürwortet haben.

Vor allem ist festzustellen, dass die Auslegungen seitens der Anhänger der Bodenuntersuchung betreffend die Bodeneigenschaft oder -eigenschaften, welche dabei zu berücksichtigen sind und auf welche Weise, recht weit auseinander gehen.

In der Praxis hat bislang keine der aufgestellten Theorien einen durchschlagenden Erfolg gehabt. In Dänemark, Norwegen und Schweden bestimmt man die Strangentfernungen fast ausschliesslich auf Grund einer auf dem Felde ausgeführten okularen Schätzung. Ebenso im Baltikum, in England, Frankreich u. s. w. In der Tschechoslovakei hat man weitgehend die Ergebnisse einer genauen Bodenuntersuchung als Grundlage für die Strangentfernungsbestimmung schon lange Zeit nach den Vorschlägen von KOPÉCKY und JANOTA u. s. w. angewandt; dasselbe ist auch in einem grossen Teil von Deutschland der Fall gewesen, und dahin strebt man auch weiterhin in mehreren deutschen Staaten. Auch in der Schweiz hat man neuerdings angefangen diesem Beispiel zu folgen. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika entwickeln sich gleichfalls die Verhältnisse in derselben Richtung (107; 1928; 268—277).

Auch in Finnland werden die Strangentfernungsbestimmungen hauptsächlich nur auf Grund von Beobachtungen auf dem Felde ausgeführt. In den seltenen Fällen, wo die Projektierung auf Grund der Ergebnisse einer mechanischen Bodenanalyse ausgeführt worden ist, schien sie — der praktischen Erfahrung nach zu urteilen —, teilweise auch in recht erheblichem Maasse, zu allzu geringen Strangentfernungen zu führen, d. h. also in ganz entgegengesetzte Richtung, als man auf Grund unserer verhältnismässig kurzen Wachstumsperiode schätzen könnte.

2. *Die Anpassung der Verfahren zur Strangentfernungsbestimmung auf die bei der Untersuchung behandelten Bodenarten.*

Wie aus der Auseinandersetzung über die bei der Bestimmung von Strangentfernungen angewandten Grundsätze hervorgeht, findet sich unter diesen letzteren eine Anzahl solcher, die nur als allgemeine, bei derartiger Bestimmung zu beachtende Gesichtspunkte aufzufassen sind. Insofern die Befolgung solcher Richtlinien auf Schätzung beruht, habe ich es nicht für nötig gehalten dieselben auf die von mir untersuchten Bodenarten hin zu prüfen.

Da ich bei meinen Untersuchungen nicht die Benetzungswärme der Proben bestimmt habe, konnte ich auch nicht die Ergebnisse berechnen, wie man sie nach der von JANERT aufgestellten Formel erhalten hätte.

Die auf den von FRECKMANN und JANERT im Bohrloch auszuführenden Durchlässigkeitsversuch begründete Strangentfernungsbestimmung konnte ich ebenfalls nicht bei den von mir untersuchten Bodenarten anwenden, da ich keine derartige Durchlässigkeitsversuche ausgeführt habe.

Manche der vorgeschlagenen Strangentfernungsgrundlagen sind auch offenbar nicht für überall geltend gedacht, sondern man hat sie im allgemeinen nur unter solchen Verhältnissen für anwendbar gehalten, mit denen der betr. Entwurfsaufsteller in Berührung gekommen ist. So hat man es fertig gebracht

u. a. den Einfluss der verschieden grossen Niederschlagsmenge und Dräntiefe ausser Acht zu lassen.

In diesen Fällen habe ich bei meinen Berechnungen später vorgeschlagene ergänzende Methoden angewandt, die in Hinsicht auf den Bodencharakter bei der Strangentfernungsbestimmung auf ähnlicher Grundlage fussen.

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge hat in Finnland (108; 1921; Tabelle 17) innerhalb 30 Jahre, 1886—1915, zwischen 479 und 759 mm um die durchschnittliche Menge von 593 mm. geschwankt. Die Unterschiede der Schwankung sind in den eigentlichen Kulturgegenden zwischen den verschiedenen Stellen sehr gering.

In Dänemark (61; 1921; 35) hat die Regenhöhe an verschiedenen Orten von 1874 bis 1905 zwischen 526—722 mm geschwankt, bei einer mittleren Menge von 606 mm.

In Mittel- und Ostdeutschland regnet es 608 mm, in Württemberg 730 mm und in Böhmen 605 mm (54; 1921; 595).

In der Schweiz beträgt die durchschnittliche Niederschlagsmenge für das ganze Land 1 560 mm, aber im Schweizer Mittelland nur 1 080 mm und schwankt an verschiedenen Ortschaften von 740—1 670 mm (28; 1927; 45—48).

In Bezug auf die Niederschlagsmenge sind die Verhältnisse bei uns ziemlich dieselben wie in Dänemark, Mittel- und Ostdeutschland und Böhmen. Hingegen ist die Niederschlagsmenge in Württemberg etwa 130 mm und im Schweizer Mittelland etwa 487 mm höher als bei uns. Die von Abweichungen in der Niederschlagsmenge bedingte Korrektur der Strangentfernungen ist also hierzulande nur bei den Verfahren zu verwerten, die in Württemberg und in der Schweiz, m. a. W. bei den von Canz-Fauser und Schildknecht angegebenen Verfahren angewandt werden. In meinen Berechnungen habe ich die von Zunker (54; 1921; 597) für Württemberg empfohlene Korrektur angewandt, m. a. W. 1.0 m Mehrentfernung bei uns in Canz-Fausers Formeln und Schildknechts (28; 1927; 45) Niederschlagskorrektur in dem von ihm beschriebenen Verfahren, d. h. eine Mehrentfernung von 0.2 m auf je 100 mm geringere Niederschlagsmenge, also ebenfalls nur $0.2 \cdot \frac{487}{100} = 0.97 \simeq 1.0$ m Mehrentfernung.

Bei der Bodenprobenentnahme ist im allgemeinen, wie bereits früher erwähnt, kein genaues Verfahren üblich geworden. Da ich bei meiner Untersuchung die Proben (6 St.) in fortlaufender Reihe aus der Oberfläche immer in 120 m Tiefe entnommen habe, musste bei Anwendung der mehr oder weniger von einander abweichenden Ergebnisse an den verschiedenen Teilproben bestimmt werden, wieweit diese verschiedenen Ergebnisse bei der Strangentfernungsbestimmung zu berücksichtigen sind.

Bei meinen Berechnungen habe ich Blauths Verfahren verwertet, da dasselbe bisher den einzigen exakten Vorschlag für derartige Entscheidungen bildet, obgleich dabei jede Teilprobe als gleichwertiger Faktor in Betracht gezogen wird, einerlei ob dieselbe nahe der Oberfläche oder in voller Dräntiefe entnommen wurde.

Verschiedene Forscher haben als obere Grenze der abschlämmbaren Teile verschiedene Korngrössen angegeben; einige haben die Grenze bei 0.05 mm, andere bei 0.04 und wieder andere bei 0.01 mm genommen. Da ich bei meinen Untersuchungen als Korngrössengrenzen nur 0.2, 0.02 und 0.002 mm angenommen habe, ist der Anteil der abschlämmbaren Teile aus den Ergebnissen nicht unmittelbar zu bestimmen. Wie bei der Teiloberflächenbestimmung nehme

ich auch hier an, dass verschieden grosse Körner in der gleichen Korngruppe an Gewicht gleich viel sind und ich habe den Gewichtsanteil der Korngrössen 0.05—0.02, 0.04—0.02 und 0.01—0.002 in ihrer Gruppe gradlinig bestimmt, d. h. wenn der Anteil der Gruppe am Gewicht der Probe X % ist, so ist der Anteil der Teilchen 0.05—0.02 mm hieran:

$$\frac{X}{0.2-0.02} \cdot (0.05-0.02) = \frac{X}{6}$$

und der Anteil der Teilchen 0.04—0.02 mm

$$\frac{X}{0.2-0.02} \cdot (0.04-0.02) = \frac{X}{9}$$

sowie der Anteil der Teilchen 0.01—0.002 mm

$$\frac{X}{0.02-0.002} \cdot (0.01-0.002) = \frac{X \cdot 4}{9}$$

oder etwa 17, 11 und 44 % vom Prozentanteil der Gruppe.

Da ausserdem manche Forscher bei Ausführung der mechanischen Bodenanalyse verschiedene Verfahren angewandt haben, sind auch ihre Ergebnisse nicht vollständig vergleichbar. — Ich habe sie jedoch ohne Korrektur angewandt.

Auch die Bestimmung der Teiloberfläche des Bodens beruht auf den bei den mechanischen Bodenanalysen in verschiedener Weise befolgten Verfahren, sodass das Verhältnis der verschiedenen Korngruppen in derselben Bodenart untereinander bei den Untersuchungen von verschiedenen Forschern stark abweichen kann (siehe Zunker: 8; 1928; 110—123).

Bei der Bestimmung der Bodenhygroskopizität wird in allen Ländern ziemlich genau dasselbe Verfahren angewandt, so dass die gewonnenen Werte gut zu vergleichen sind. Daher verwertete ich auch die Hygroskopizität als Hilfsmittel zur Erzielung einer Vergleichung von der nach Zunker bestimmten spez. Teiloberfläche und der entsprechenden nach meinem Verfahren bestimmten Grösse.

Aus der graphischen Zeichnung (9; 1928; 110. Abb. 20) Abb. 64, S. 225, ersieht man das Verhältnis zwischen der von Zunker bestimmten Korngruppe < 0.002 mm und der spez. Teiloberfläche.

Aus der graphischen Zeichnung (8; 1928; 125; Abb. 31) Abb. 66, S. 226, wiederum bestimmt man das Verhältnis zwischen Hygroskopizität und Korngruppe < 0.002. Auf derselben Zeichnung habe ich mit Hilfe der vorigen Zeichnung die den Prozentanteilen der Gruppe < 0.002 entsprechenden Zahlen der spez. Teiloberfläche hinzugefügt, wodurch das Verhältnis zwischen dieser und der Hygroskopizität des Bodens zu bestimmen ist.

Aus der graphischen Zeichnung Abb. 67, S. 227, ersieht man das meinen Untersuchungen gemässe Verhältnis zwischen Hygroskopizität und Teiloberfläche cm^2 gr; die gebrochene Linie darin bedeutet annähernd das mittlere Verhältnis der Werte.

Beim Vergleichen der Zeichnungen Abb. 66 und 67 erhellt, dass in Zunkers Bestimmungen einer Hygroskopizität von 16 % die spez. Teiloberfläche 1 000 entspricht, während dieselbe Hygroskopizität nach meinen Be-

stimmungen eine Teiloberfläche von 37 500 cm^2/gr anzeigen soll, ZUNKERS Hygroskopizität 15.2 % entspricht der spezifischen Teiloberfläche 900 und nach meinen Bestimmungen 35 000 cm^2/gr u. s. w. Die so gewonnenen einander entsprechenden Werte habe ich in die Zeichnung, Abb. 67, übertragen.

Wie bereits bemerkt wurde (S. 101), charakterisiert die pro Gramm bestimmte Teiloberfläche nicht richtig den Widerstand, der die Bewegung des Wassers im Boden verlangsamt, da die Volumgewichte der verschiedenen Böden stark schwanken können, sogar dermassen, dass derselben Gewichtsmenge in verschiedenen Bodenarten ein über 2 mal grösseres Volumen entsprechen kann.

Es ist nicht richtig Teiloberfläche cm^2/gr in cm^2/cm^3 gemäss dem allen Böden gemeinsamen Mittelwert der Volumgewichte zu verwandeln, denn im Volumgewicht sind Abweichungen betreffs der Teiloberfläche cm^2/gr bemerkbar, wie aus der graphischen Zeichnung, Abb. 68, S. 228, ersichtlich ist; in ihr ist die Ackerkrume nicht mit aufgenommen worden. Nach dieser Zeichnung schwankt das Volumgewicht durchschnittlich zwischen 1 000—1 500.

Durch Multiplizieren der Teiloberflächenwerte cm^2/gr mit den entsprechenden Volumgewichtzahlen erhält man die Teiloberfläche cm^2/cm^3. Der Zeichnung nach entspricht also durchschnittlich einer Teiloberfläche von 45 000 cm^2/gr, die Teiloberfläche 45 000 cm^2/cm^3 und 40 000—43 000, 35 000—40 200, 30 000—36 600, 25 000—32 200, 20 000—27 200, 15 000—21 400, 10 000—15 000 und 5 000—7 500.

Demnach entspricht ZUNKERS spez. Teiloberfläche 1 000 der Teiloberfläche 41 500 cm^2/cm^3, 900—40 200, 800—38 500, 700—36 000, 600—33 500, 500—29 900, 400—24 800, 300—18 800, 200—11 300 und 100—3 700.

Demgemäss sind die ZUNKERS neuester Strangentfernungszeichnung gemässen Werte (115; 1926; 371) in die graphische Zeichnung Abb. 69, S. 230, übertragen worden. Diese Zeichnung habe ich beim Bestimmen der Strangentfernungen nach der Teiloberfläche verwertet, und die so gewonnenen Werte finden sich auf Tabelle XXIII unter dem Titel ZUNKER (KESO) in Kolumne 17/18.

Bei der Strangentfernungsbestimmung habe ich die dem Entnahmevolumgewicht des Bodens entsprechende Teiloberfläche angewandt, wodurch die letztere etwas zu klein bleibt in Hinsicht auf den durch Dränung entwässerten Boden.

Der Kalkgehalt der Böden ist sehr niedrig gewesen. Die höchste Ca O-menge fand sich in Mineralböden in den Proben 10_{V}—$_{VI}$, worin sie 1.33 % betrug, d. h. entsprechend $Ca\,CO_3 = \frac{1.33 \times 100}{56} = 2.37$ %; infolgedessen habe ich es nicht für nötig gehalten den Einfluss des Kalkes auf die Strangentfernungen überhaupt zu berücksichtigen.

Der Eisengehalt hingegen ist in manchen Proben sehr hoch. Seinen Einfluss auf die Strangentfernung habe ich auch in all den Fällen nach JANOTAS Vorschlag berechnet, in denen der Vorschlagssteller die Notwendigkeit betont hat auch den Eisengehalt in Betracht zu ziehen, jedoch ohne genauere Angabe, in welcher Weise. So bin ich bei den Methoden von JANOTA, KOPÉCKY, CANZ-FAUSER, SCHILDKNECHT und ROTHE (abschl. Teile) verfahren.

Wo irgend einer der genannten Forscher für diese Korrektur eine Höchstgrenze (2.0) aufgestellt hat, habe ich diese jedoch nicht überschritten. Da nicht alle Proben chemisch untersucht wurden, habe ich dabei dieselben Werte ange-

wandt, wie sie dieselbe Bodenart in irgendeiner anderen von mir untersuchten Probe angezeigt hat.

Ferner habe ich bei meinen Berechnungen vorausgesetzt:

1) dass es sich um Entwässerung eines Ackerfeldes handelt, wo die übliche Bearbeitung und Wechselwirtschaft angewandt wird,

2) dass die Dräntiefe 1.25 m beträgt,

3) dass das Gefälle des Terrains 0.30—0.40 % beträgt,

4) dass in den zu dränierenden Böden das Wasser entweder als Niederschlag, kapillarisch, als Wasserdampf aus dem Grundwasser und aus der Luft kommt, sodass auf dem Gebiet also weder ein nach oben zu gerichteter Druck von Grundwasser auftritt, noch auch aus dem Boden Wasser in die tieferen Schichten entweichen kann,

5) dass die Dränung ihrem Zweck entsprechend bewerkstelligt worden ist.

Die den verschiedenen Verfahren entsprechenden Strangentfernungen in den untersuchten Bodenarten ersieht man aus Tabelle XXIV, S. 234. Beim Bestimmen der Strangentfernungen habe ich ausser den bereits schon beschriebenen graphischen Tafeln auch die graphischen Zeichnungen, Abb. 70 und 71 zur Hilfe genommen.

Da die Entfernungen nach Kopéckys Vorschlag ganz unbedeutend von denen nach Janotas Graphikon abweichen, nämlich nur + 0.20— (— 0.20) m, ausser in den, den Proben 3, 4 und 26 entsprechenden Böden, in denen die Entfernung 0.5—0.6 m breiter war gemäss Janotas Vorschlag, habe ich es nicht für notwendig gehalten, diese beiden in die Tabelle mit aufzunehmen, sondern habe die Strangentfernungen nur nach dem von Janota genau definierten Graphikon angeführt.

Aus der folgenden Tabelle XXV, S. 242, ersieht man die Minimal- und Maximalentfernungen gemäss den Verfahren, die sich auf den Prozentanteil der abschlämmbaren Teile, auf die Teiloberfläche, die Hygroskopizität und den Durchlässigkeitsversuch gründen, ferner die Kolumnennummern der Vorschlagssteller dieser Entfernungen in der vorhergehenden Tabelle. Die Entfernungen nach Rothes Entwurf sind nur soweit in der Tabelle berücksichtigt als die Bodenart annähernd einen Gehalt an abschlämmbaren Teilen von 30—70 % bei der Hygroskopizität von 6—12 % anzeigt.

Auf Tabelle XXV ist auch die Strangentfernung angegeben, die zur Zeit von Finnlands Dränierungsverein (Suomen Salaojitusyhdistys) bei den betreffenden Bodenarten angewandt wird.

Wie aus den obigen Tabellen XXIV und XXV zu ersehen, entsprechen den bei verschiedenen Bodenarten vom Dränierungsverein angewandten Entfernungen bei den auf den prozentualen Anteil der abschlämmbaren Teile sich gründenden Verfahren in den Grobsand-Feinsandproben 1—6 am besten die Methoden von Blauth und Canz-Fauser, in den Lehmschluffbodenproben 7—9 am besten die von Schildknecht und Gerhardt und in den dichten Schlufflehmbodenproben 10—15 am besten die Methoden von Gerhardt und in nächster Linie von Schildknecht.

Diejenige Strangentfernungsbestimmung, welche sich auf die pro Volumeinheit bestimmte Teiloberfläche gründet, gibt vorzüglich entsprechende Werte für die Proben 1—9; ferner sind bei den Proben 10—15 die Entfernungen verhältnismässig treffend; immerhin sind sie schon etwa 1—1.5 m zu breit.

Die auf der Hygroskopizität beruhenden Methoden ergeben bedeutend weniger sichere Werte. Auch die von Zunker aufgestellte Formel, derzu-

folge man im allgemeinen die engsten und am besten entsprechenden Werte erhält, ergibt in den Proben 5, 7 und 8 volle 3—4 m engere und in den Proben 10 (und 11) 3 m breitere Strangentfernungen.

Die auf Durchlässigkeitsversuchen basierenden Verfahren liefern im Grossen und Ganzen sehr uneinheitliche Ergebnisse.

Von den verschiedenen Hauptmethoden führt die pro Volumeinheit bestimmte Teiloberfläche bei den Grob- und Feinsand-, Lehmschluff- und dichten Schlufflehmböden 1—15 zu den am besten den vom Dränierungsverein angewandten Entfernungen entsprechenden Ergebnissen.

Was dann die aus fetten Tonböden-, Bröckeltonboden- und Tongüttja entnommenen Bodenproben 16—26 betrifft, so ergeben bei ihnen alle Verfahren einen um mehrere Meter engeren Abstand als die vom Dränierungsverein angewandten Entfernungen. So ergeben in den fetten Tonböden 16—21 die auf dem Prozentanteil der abschlämmbaren Teile beruhenden Verfahren etwa 3—6.5 m, das Teiloberflächenverfahren etwa 5.5 m und das Hygroskopizitätsverfahren etwa 5—7.5 m engere Abstände.

Noch grösser sind die Abweichungen in den Bröckelton- und Tongüttjaböden 22—26: hier ist die nach anderen Verfahren bestimmte Entfernung nur etwa $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{3}$ der vom Dränierungsverein angewandten. Die am besten den bei uns angewandten Entfernungen entsprechenden Ergebnisse liefert in diesen Böden ein direkter Durchlässigkeitsversuch.

3) *Die Anwendbarkeit der Verfahren zur Bestimmung der Strangentfernungen.*

Wie wenig man sich heutzutage noch bei den Strangentfernungsbestimmungen auf die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen verlassen kann, geht in der Tat schon aus den Tabellen XXIV und XXV hervor. Vergleichen wir z. B. die den neusten Vorschlägen von Janota und von Schildknecht entsprechenden Entfernungen miteinander, so sind die Abweichungen recht bedeutend, trotzdem sich die Entfernungsbestimmung auf dasselbe Verfahren bei der Bodenuntersuchung gründet.

Noch greller tritt jedoch die Unzuverlässigkeit der angewandten Verfahren darin zutage, dass Rothe und Bonacker in jüngster Zeit Abstände aufstellen konnten, die weitgehend von den Strangentfernungen nach früheren Vorschlägen abwichen; während man z. B. nach ihnen bei dem auf die Hygroskopizität fussenden Verfahren zu der Entfernung 21 m kommt, ergibt dieselbe nach Breitenbach 16 m und nach Zunker nur 13.5 m (106; 1929; 169). Bei der Rothe-Bonackerschen Methode nach dem Prozentgehalt der abschlämmbaren Teile beträgt die Entfernung 21 m, während dieselbe nach Fauser auf 14.5 m beschränkt wird.

Wie sehr man bei der wissenschaftlichen Bestimmung der Strangentfernung noch im Dunkeln tappt, dafür bieten ihrerseits auch die noch im vergangenen Jahrzehnt aufgestellten Entwürfe einen guten Beweis: Flodkvists Gedanke von einer auf Grundwasserbeobachtungen sich gründenden Strangentfernungsbestimmung, das Claus'sche Wünschelrutenverfahren und Schroeders Vorschlag betr. der schrittweisen Durchführung eines aufgestellten Dränierungsplans.

Diese Ergebnisse sind so ungeheuer zusammenhangslos und widerspruchsvoll, dass sie die Frage wecken müssen: gründen sich die dargelegten Methoden

überhaupt auf richtige Grundlagen und ist überhaupt die Strangentfernung auf Grund der ermittelten Bodeneigenschaften mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen?

Fast alle vorgelegten Methoden zur Entfernungsbestimmung der Stränge fussen auf Okularschätzung der Zulänglichkeit der Entwässerung. Solche Schätzung ist jedoch im höchsten Grade unzuverlässig. Ausserdem vermag man mittels solcher Schätzung auf den Augenschein hin in keiner Weise klarzulegen, wo tatsächlich die wirtschaftlich vorteilhafteste Entfernung liegt. Dazu muss man genau wissen, welche Unterschiede in den Ernteerträgen der verschiedenen Kulturpflanzen bei den verschiedenen Strangentfernungen bestehen.

Auch Beobachtungen über die Grundwassertiefe zwischen den Strängen hat man als Grundlage beim Schätzen der Zulänglichkeit der Entwässerung angesehen.

Eine solche Schätzung gibt schon eine viel exaktere Grundlage für die Abschätzungen überhaupt ab, und man könnte sie auch für hinreichend genau halten, wenn genügend eingehende Untersuchungen darüber angestellt worden wären, in was für Grundwasserverhältnissen, in welcherlei Bodenarten und unter welchen klimatischen Bedingungen jede Pflanze am besten gedeiht und welchen Unterschied die verschiedenen Grundwasserverhältnisse in dem Ernteertrag bewirken. Solche Kenntnisse stehen jedoch nicht zur Verfügung.

Die geschilderten Verfahren zur Bestimmung der Strangentfernungen sind, wie aus obigem hervorgeht, schon ihren allgemeinen Grundlagen nach sehr schwach und unzuverlässig, und es ist unter solchen Umständen nicht verwunderlich, dass sie einander so häufig widersprechen und in der Praxis sogar versagen.

Es liegt auch Anlass vor noch näher zu prüfen, was für theoretische und praktische Voraussetzungen überhaupt bestehen um mittels der vorgeschlagenen Methoden die Strangentfernung zu bestimmen.

Das Verfahren ein paar Versuchsdräns für ein zu entwässerndes Feld anzulegen und Grundwasserbeobachtungen zwischen ihnen zu machen, ist wenigstens in den hiesigen Verhältnissen als sehr unpraktisch, ja, fast unmöglich, und im allgemeinen auch als den praktischen Dränierungsbetrieb allzu erschwerend, sogar als geradezu unnütz, anzusehen, soweit es sich darum handelt, das Entwässerungsbedürfnis der betr. Bodenart zu ermitteln.

Hierzulande sind die entwässerungsbedürftigen Kulturen mit offenen Gräben trockengelegt. Die vom Entwässerungsstandpunkt aus richtigste Dränrichtung verläuft auf solchen Feldern im allgemeinen quer über die offenen Gräben. Da die offenen Gräben wiederum gewöhnlich in der Richtung des stärkeren Gefälles laufen, so müssten die Versuchsdräns quer über die oberen Enden der offenen Gräben gezogen werden, in welcher Richtung sie auch häufig weder vom Standpunkt der Bodenarten noch auch der Grundwasserverhältnisse am passendsten angebracht sein würden, und es würde schwer sein, die Versuchsergebnisse für das ganze zu entwässernde Feld zu verallgemeinern. Daher wäre es am besten das gesamte, nach derselben Richtung hin abfallende mit offenen Gräben trockengelegte Ackerfeld versuchsweise zu dränieren.

Da die klimatischen Verhältnisse jährlich sehr beträchtlich wechseln, müsste der Versuch mehrere Jahre hindurch fortgesetz werden. Wie lange, das würde davon abhängen, innerhalb welchen Zeitraums sowohl ein sehr sonniger und trockener Sommer als auch ein besonders regnerischer und feuchter eintreffen kann.

Wegen der lockeren Struktur der Auffüllerde zeigen neu angelegte Dränstränge und offene Gräben nicht dieselbe Entwässerungswirkung in den nächstfolgenden Jahren als später, nachdem der Boden sich gesackt hat, weswegen auch eine längere Versuchszeit nötig ist.

Die praktische Durchführung eines Dränungsplans von einem vielleicht recht langandauernden Experimentieren abhängig zu machen, kann nicht als zweckmässig betrachtet werden. Vom praktischen Standpunkt aus kann man von der wissenschaftlichen Forschungsarbeit solche Grundlagen fordern, die schon auf eine vorläufige Untersuchung hin hinreichend genaue Richtlinien für die Bestimmung der richtigen Strangentfernung aufzustellen gestatten.

Wie bereits erwähnt, setzt das auf Grundwasserbeobachtungen fussende Experimentieren Kenntnisse darüber voraus, welche Grundwassertiefe bei den verschiedener Bodenarten für den Anbau der verschiedenen Kulturpflanzen die vorteilhafteste ist. Da diese Kenntnisse am praktischsten und zweckdienlichsten durch direkte Strangentfernungsversuche an den verschiedenen Bodenarten zu erlangen sind, so wird die Versuchsdränung zur Ermittelung des Entwässerungsbedürfnisses der Bodenart überflüssig, und erhält dann hauptsächlich als erklärender Faktor für die Wirkung der örtlichen speziellen Grundwasser- und Oberflächenwasserverhältnisse Bedeutung. Eine solche kleine Versuchsdränung bringt jedoch häufig sehr geringen Aufschluss auch in der letztgenannten Beziehung für andere Kulturen des betreffenden Gutes, und andrerseits wiederum kann die in der Praxis gewonnene Erfahrung bei entsprechenden Terrainverhältnissen an anderen Ortschaften schon eine ebensogute, manchmal vielleicht sogar bessere Richtschnur zur Bestimmung der passenden Strangentfernung abgeben.

Auch die auf *Durchlässigkeitsversuche sich gründende Bestimmung von Strangentfernungen* hat sich nicht als zu richtigen Ergebnissen führend erwisen, obgleich es nur natürlich erscheinten sollte, dass dieser Weg am sichersten zu Ergebnissen leiten könnte, die dem praktischen Bedürfnis entsprechen.

Die Ungeeignetheit der Durchlässigkeitsversuche rührt zum grossen Teil daher, dass die Wasserdurchlässigkeit mancher Böden sich nach dem Entwässern sehr beträchtlich verändert. Solche Böden sind bei uns z. B. Güttja- (27—25), Bröckelton-(24—22) und fette Tonböden (21—16), in der Reihenfolge angeführt, wie die Veränderlichkeit in dieser Beziehung am grössten ist. Auch in den fetten, dichten Schlufflehmböden (15—13) und Niedermoorböden (28—31) erfolgen Veränderungen in der Durchlässigkeit nach der Entwässerung, wenn auch bei weitem nicht in so hohem Grade wie in den eben genannten Bodenarten.

Die durch Austrocknen bewirkte Krümeligkeit und Rissigkeit sind ziemlich beständig in Bröckelton- und Güttjabodenarten, m. a. W. auch wenn diese von neuem lange Zeit in Wasser zu stehen kommen, so bleibt die Krümeligkeit und Rissigkeit bestehen. Anders verhält es sich in den den Proben 9—21 entsprechenden Tonböden, welche beim Bewässern augenfällig aufquellen und im allgemeinen nach genügender Bewässerung sich sehr rasch von neuen in eine kompakte, zusammenhängende Masse verwandeln.

Die Ausführung des Durchlässigkeitsversuchs auf zweckentsprechende Weise ist besonders bei kolloidreichen und also beim Trocknen schwindenden Böden unmöglich, da man nicht weiss, auf welche Weise solche wechselnde Durchlässigkeit vom Trockenlegungsstandpunkt aus in Betracht zu ziehen ist.

Wenn z. B. gemäss Kopécky (19; 1914; 42) so verfahren wird, dass die Probe zunächst so lange bewässert wird, bis das Wasser anfängt herauszusickern, so bedeutet das in der Praxis, dass bei dichten Schlufflehm- und fetten Tonböden (10—21) die das Entwässern befördernde Wirkung der Spalten unberücksichtigt bleibt.

Da die Wasserdurchlässigkeit der Böden auch, wie schon erwähnt, von ihrem Feuchtigkeitszustand abhängt, müsste man bei den in der Natur auszuführenden Durchlässigkeitsversuchen immer bestimmen, welche Wasserkapazität in den Bodenhorizonten an der Versuchsstelle herrscht.

Ausser dem Feuchtigkeitszustand des Bodens wirken auf die Ergebnisse des mit dem Boden in natürlicher Lagerung ausgeführten Durchlässigkeitsversuchs sehr wechselnd auch die durch Wurzeln und Würmer entstandenen Kanälchen ein, die ganz lokal vorkommen können.

Obgleich die auf Grund meiner Durchlässigkeitsversuche berechneten Strangentfernungen (siehe Tabelle XXIV, Kolumne 29—32) im Grossen und Ganzen einigermassen das Entwässerungsbedürfnis der betr. Bodenarten charakterisieren, so sind die Ergebnisse dennoch derart lückenhaft und auseinandergehend, dass sie keineswegs für die Anwendung des Durchlässigkeitsversuchs beim Bestimmen der Strangentfernung sprechen.

Ausserdem liegt vor uns — obgleich sich mittels des Durchlässigkeitsversuchs ausrechnen liesse, welcher Grundwassertiefe jede Strangentfernung entspricht — dieselbe vorläufig unlösbare Frage wie auch beim experimentellen Dränieren, nämlich: welche Grundwassertiefe bei den verschiedenen Bodenarten und verschiedenen Kulturen am vorteilhaftesten ist; Umstände, deren Klarstellung am zweckmässigsten durch Strangentfernungsversuche geschieht.

Die *Kurzdränung* hat die stärkste Zustimmung in Deutschland, in Sachsen, gefunden. Jedoch ist diesem Verfahren seitens einer Reihe deutscher kulturtechnischer Wissenschaftler meistens recht strenge Kritik zuteil geworden.

Bei uns ist die Wünschelrute schon seit mehreren Jahrzehnten beim Quellensuchen angewandt worden. Die Rute bildet gewöhnlich ein gabelförmig verzweigter Weiden- oder Wacholderast, und in neuester Zeit wird auch eine aus Kupferdraht gefertigte, zweigabelige Vorrichtung benutzt. Unter Finnlands geologischen Verhältnissen soll das Ausschlagen der Rute vor allem Grundwasseradern und Übergangsstellen in der Bodenbeschaffenheit, sowie auch Felsspaltungen anzeigen.

Die Erscheinung des Ausschlagens lässt sich nicht leugnen. In welchem Umfang sie aber Wasseradern anzeigt, ist bei uns jedoch noch fraglich. Da man ausserdem mit ihrer Hilfe weder die Tiefe einer Ader noch deren Grösse bestimmen kann, ist eine Vorprojektierung von Dränungen auf Grund dieser Erscheinung überaus unsicher. Die Ausführung eines solchen Planes kann daher zu überraschenden Fehlschlägen führen und — falls die Wasseradern tief liegen — zu geradezu unhaltbaren Zuständen wegen Schwierigkeiten bei der Ableitung des Wassers.

Aber selbst wenn es praktisch möglich wäre, mittels des Wünschelrute Wasseradern zu entdecken, so bleibt doch noch die Frage unentschieden, inwieweit bei uns die Ableitung von Grundwasseradern-, -bächen u. s. w. Vorbedingung zur Erzielung einer hinreichenden Entwässerung der Kulturböden ist.

Sogar Claus erwähnt bereits, dass bei schwer durchlässigen und ihrer Beschaffenheit nach gleichartigen Böden diese Kurzdränung schwächere Vor-

aussetzungen hat. Demgemäss würde eine solche Grundwasseraderdränung eine geringere Bedeutung für unsere wesentlichsten Kulturböden in ganz West-, Südwest- und Südfinnland haben. Hingegen in einem grossen Teil der Landschaften Savo und Karjala, wo die Böden im allgemeinen ihrem Charakter nach sehr wechselnd und zum grossen Teil leicht durchlassende Feinsand- und Moränenfeinsandböden sind, dürften nach CLAUS die Vorbedingungen für eine derartige Dränung vorhanden sein.

Bei uns liegen die Verhältnisse besonders in zwei Richtungen so, dass sie die Bedeutung der Grundwasseraderdränung erheblich herabmindern. Erstens sind unsere Kulturböden im allgemeinen gleichartig und der Oberfläche der Grundwassers ziemlich naheliegend, und zweitens ist es wegen der kurzen Wachstumsperiode und der von Bodeneisbildung herrührenden Gefahr im Frühjahr ganz besonders wichtig für ein möglichst schleuniges Entfernen des Oberflächenwassers aus den Feldern zu sorgen. Selbst wenn wir mittels Grundwasseraderdränung das Wasser aus den tieferen, leicht durchlassenden Bodenschichten entfernen, so ist es klar, dass der grösste Teil unserer Kulturen trotzdem bei der Schneeschmelze und in gewissen Grade auch nach heftigeren Regengüssen so stark durchnässt würde, dass die Bearbeitung unmöglich oder zum mindesten erheblich schwieriger würde; die Saatarbeiten würden sich verspäten und der Pflanzenwuchs leiden.

Es ist klar, dass auch bei uns die Trockenlegung von Quellen und Grundwasseransammlungen im Zusammenhang mit Dränungen von Wichtigkeit ist; aber dies allein ist nur in ziemlich seltenen Ausnahmefällen und eigentlich nur in den Landschaften Savo und Karjala genügend. Wo die Entwässerung durch Kurzdränung ausgeführt wird, da bleibt die Feststellung, ob die Entwässerung genügt, gezwungenermassen von der Schätzung durch Augenmass abhängig.

Beim Ausführen meiner Untersuchungen mit der Wünschelrute in einem Terrain, wo das Oberflächengefälle c. 4 % war, zeigten sich auf einem 200 m breiten Gebiet nur drei Wasseradersysteme, sodass demnach der Bedarf an Dräns sehr gering gewesen wäre. Der Boden in dem betr. Gebiet ist geschichteter dichter Schlufflehm von mehreren Metern Dicke. Es ist ganz augenfällig, dass in dieser Bodenart eine hinreichende Entwässerung mit Hilfe jener wenigen Grundwasserdräns nicht zu erzielen gewesen wäre.

Die auf den prozentualen Anteil der abschlämmbaren- oder Tonbestandteile, auf die Hygroskopizität, die spez. Teiloberfläche und die Benetzungswärme des Bodens fussenden Verfahren stützen sich in der Wirklichkeit auf ein und denselben Faktor, nämlich die Bodentextur. Daher erscheint es auch selbstverständlich, dass *Zunker* auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Endergebnis gelangt, dass alle in Frage stehenden Verfahren gleichwertig sind (8; 1928; 130 u. 114; 1928; 312), sowie dass UkBo folgenden Schluss zieht:

Für alle Verfahren der kulturtechnischen Bodenuntersuchung ist vom Feinboden $<$ 2 mm auszugehen. Als solche Verfahren kommen in Betracht:

I. *Korngrössenbestimmungen.*

a) ein Spülapparat mit möglichst zwei Zylindern, die den Staubanteil im Boden annähernd nach oben und unten begrenzen, also vorläufig

Zylinder I: 2.0 bis 0.05 mm
Zylinder II: 0.05 bis 0.01 mm
Rest kleiner als 0.01 mm

b) Sedimentierverfahren zur Bestimmung der Korngrösse kleiner als 0.002 mm.

II. *Benetzungsgrössenbestimmungen.*

a) Hygroskopizität nach Mitscherlich.

b) Benetzungswärme.

Bei den mittleren und schweren Böden soll von den beiden Gruppen I und II nach Möglichkeit je ein Verfahren im Parallelversuch angewendet werden.»

UkBo billigte also mehrere Parallelverfahren und wählte von diesen die am mühelosesten ausführbaren.

Wie aus den Tab. XXIV und XXV hervorgeht, haben diese Verfahren bei der Strangentfernungsbestimmung zu Ergebnissen geführt, die bald nach dieser, bald nach jener Richtung äusserst stark von einander abweichen, und dies erklärt sich zum grossen Teil aus der Verschiedenheit der Verfahren bei Ausführung der mechanischen Bodenanalyse und aus der verschiedenen Hygroskopizität oder Benetzungswärme der im Boden befindlichen Bestandteile, welche in gewissen Fällen nicht mit der Korngrösse korrespondieren.

Ich halte es nicht für nötig, hier auf diese Umstände näher einzugehen nach dem, was über dieselben bereits früher im Zusammenhang mit den Methoden zur Ermittelung der Bodengrundeigenschaften gesagt wurde, da diese methodischen Unterschiede für eine richtige Strangentfernungsbestimmung immerhin nur sekundäre Bedeutung haben. Ich verweise nur auf die zahlreichen kritischen Bemerkungen, die mehrere Forscher in dieser Angelegenheit veröffentlicht haben, wie *Zunker, Freckmann und Janert, Janert, Krauss, Fauser, Rothe, Bonacker* und auf das was bei Sitzungen des UkBo vorgebracht worden ist.

Die grössten Fehler entstehen nämlich aus der Art und Weise, wie die Ergebnisse der Untersuchungen in die Praxis umgesetzt werden.

Die angewandten Verfahren nehmen u. a. ohne weiteres als Axiom hin, dass die Wasserdurchlässigkeit des Bodens, d. h. also auch die Strangentfernung sich beim Verringern der mittleren Korngrösse oder beim Dispersitätsgrad des Bodens verkleinert. Folglich wird bei diesen Methoden nur auf die Textur des Bodens Gewicht gelegt, aber überhaupt nicht auf seine Struktur oder die Lage der Bodenkörner zu einander. Und doch hängt die Wasserdurchlässigkeit des Bodens haupsächlich von seiner Porenvolummenge und dem Dispersitätsgrad derselben ab, die in sehr vielen Fällen sich nicht parallel zur Textur verwandeln.

Schon aus den Werten der Tabelle VII sieht man teilweise, dass in dieser Hinsicht grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Bodenarten bestehen.

So sind bei der gebräuchlicher Strangentfernungsbestimmung u. a. auch jene Veränderungen ausser Acht gelassen worden, welche die Schwindung der Kolloidteilchen unter dem Einfluss der Trocknung verursachen.

Diese durch die Austrocknung bewirkten Veränderungen, die grössere Krümeligkeit und Rissigkeit im Boden haben besonders dann Bedeutung für die Entwässerung, wenn sie permanent sind, wie in den, den Proben 22—27 entsprechenden Bröckelton- und Tongüttjabodenarten. In den durch die Proben 16—21 vertretenen fetten Tonbodenarten, deren Schwindung allerdings gross ist, ist diese Bedeutung geringer, da die entstandenen Spalten zu Zeiten starker, anhaltender Niederschläge sich wieder schliessen.

Ein Ausserachtlassen der Struktur hätte zur Folge, dass man bei uns in den durch die Proben 16—26 vertretenen Bodenarten teilweise sogar die dreifache Anzahl Dräns anwenden würde, als nach der Okularschätzung in der Praxis sich als notwendig erwiesen hätte, wie schon früher (S. 242) gesagt worden ist.

Das Ausserachtlassen der Struktur bewirkt unter den Verhältnissen in Finnland nicht nur in kolloidreichen Bodenarten Fehlerhaftigkeit; einen Beleg hierfür bildet die den Proben 7—8 entsprechende Lehmschluffbodenart, in der — gemäss der in der Praxis gewonnenen Erfahrung — eine Strangentfernung von 20 m völlig hinreichen kann, während die nötige Entfernung laut der von ZUNKER gegebenen Hygroskopizitätsformel 17 m, laut GERHARDT 17.5 m und laut GANZFAUSER 13.7 m betragen sollte.

Die Schätzung der Zulänglichkeit besagter grösserer Strangentfernungen stützt sich nicht nur auf die okulare Prüfung, sondern auch auf Grundwasserbeobachtungen zwischen den Strängen, und eine gewisse Stütze hat sie auch in den Ergebnissen direkter Wasserdurchlässigkeitsversuche gefunden.

Das spez. Gewicht der Bodenteile in den verschiedenen Mineralböden schwankt sehr wenig, wie aus Tabelle VII ersichtlich.

Je niedriger das Volumgewicht ist, desto grösser ist die Porosität des Bodens, wie auch aus der folgenden Gleichung (siehe S. 71) erhellt:

$$H = \frac{s - G_0}{s} \times 100$$

Bei Berücksichtigung wenn auch nur des Volumgewichts würde auch die Struktur einigen Einfluss auf die Strangentfernung erlangt haben.

Vorausgesetzt, dass die Strangentfernung in geradem Verhältnis zum Porenvolumen wachsen müsste, also umgekehrt proportional zum Volumgewicht, und gesetzt, dass das den Entwässerungsbedarf am besten anzeigende Volumgewicht der nur auf die Textur sich gründenden Strangentfernungsformeln: 1.5 kg/dm³ ist, erhalten wir

$$E_S = \frac{E \cdot 1.5}{w}, \text{ worin}$$

E_S = Strangentfernung unter Berücksichtigung auch der Struktur,
E = Strangentfernung unter Berücksichtigung nur der Textur,
W = Volumgewicht der Bodenart.

Dabei würde man nach GANZ-FAUSERS Berechnungsweise als Strangentfernungen die in Tabelle XXVI ersichtlichen, annähernd berechneten Werte erhalten:

Tabelle XXVI.

Probe Nr	Abstand m	Probe nr	Abstand m	Probe nr	Abstand m
1	25	11	10	21	12
2	22	12	10.5	22	18
3	21	13	10	23	22
4	19	14	12	24	20
5	18	15	12	25	27
6	20	16	12	26	29
7	17	17	11		
8	18	18	12		
9	15	19	12		
10	10	20	12.5		

Beim Vergleich der Zahlen in dieser Tab. mit denjenigen in Tab. XXIV und XXV findet man, dass die erstgenannten merklich mehr parallel laufen mit

den in Finnland gewöhnlich angewandten Abständen, jedoch bei weitem noch nicht genügend.

Bezüglich der Struktur ist das Porenvolum hier nur der Grösse nach berücksichtigt worden, aber nicht seinem Verteilungsgrad nach, der vom Durchlässigkeitsstandpunkt aus ein sehr wichtiger, aber schwer bestimmbarer Faktor ist, sodass die vorkommenden Abweichungen begreiflich sind.

Eine anderer Umstand, der diese Abweichungen verursachen kann, liegt in der Art und Weise, wie die Verknüpfung von den Ergebnissen der Analysemethode mit der für geeignet erachteten Strangentfernung hergestellt wird.

Meistens ist man dabei so verfahren, dass auf Grund von Okularbeobachtungen auf früher dränierten Böden die Entwässerung als genügend oder ungenügend geschätzt wurde, sowie dass aus den betreffenden Böden dann Proben entnommen und analysiert wurden. Gestützt auf die gewonnenen Analyseergebnisse wurde dann die passende Strangentfernung durch die Grenzböden der genügenden oder ungenügenden Entwässerung (28; 1927; 14—17; Grenzkurve) oder auf Seiten der in grösserem oder geringerem Grade sicher genügenden Entwässerung (Breitenbach, Zunker u. a.) bestimmt.

Bei der Erörterung der allgemeinen Grundlagen der gebräuchlichen Verfahren zur Bestimmung der Strangentfernung habe ich schon auf die allgemeine Unzuverlässigkeit und Unzulänglichkeit dieses Verfahrens hingewiesen. Dabei hat man auch jene vielen anderen Sonderfaktoren, die neben der Beschaffenheit des Bodens die Strangentfernung beeinflussen, weder berücksichtigt, noch genügend berücksichtigen können.

Wenn Bonacker (72; 1928; 32), der ebenfalls die Unzuverlässigkeit der auf solcher Schätzung fussenden Strangentfernungsformeln betont, Ertragsmessungen in Angriff nimmt, und hierzu bereits dränierte Felder wählt, deren Wachstum aber sichtlich unter der mangelhaften Entwässerung zwischen den Strängen leidet, so verfährt er schon viel exakter. Jedoch bleibt auch hier ein grosser Teil der besprochenen Faktoren ausser Acht gelassen. Nimmt man überdies als Ausgangspunkt den mangelhaft funktionierenden Dränabstand, so gelangt man auf Grund der so gewonnenen Ergebnisse bei Kolloidböden wahrscheinlich zu allzu engen Entfernungen, denn infolge mangelhafter Entwasserung hält sich das Wasser lange im Boden, die Kolloide quellen auf und der Boden verdichtet sich, wodurch das ungenügend entwässerte Gebiet sich weiter ausdehnt, was man an den Ernteerträgen verspürt. Ausserdem ist es voreilig solche auf nur einjährige Beobachtungen und folglich auf sehr geringes Material sich gründende Strangentfernungsformeln zu veröffentlichen, wie dies von Bonacker (17; 1928; 37) und Rothe (106; 1929; 169) vorgenommen wurde, wobei auch viele, die Sache beeinflussende Faktoren unberücksichtigt geblieben sind.

Schroeders Vorschlag zur Aufstellung eines herkömmlichen Dränierungsplans und dessen stufenweiser Verwirklichung kann zu einer unnötig engen Dränung führen. Bemerkt man z. B., dass zwischen gewissen Strängen die Entwässerung etwas mangelhaft ist, so wird man den Abstand durch einen Drän halbieren, und die Entwässerung wird vielleicht ziemlich weitgehend gründlicher als es wirtschaftlich am vorteilhaftesten wäre. Und jedenfalls wird man auch hierbei dazu kommen auf eine summarische Schätzung nach Augenmass gestützt vorzugehen.

Die vielfache Unzuverlässigkeit der von den dargelegten Bodenuntersuchungen gegebenen Richtlinien für die Strangentfernungsbestimmungen

berechtigt nicht, wie aus dem oben angeführten erhellt, die strenge Kritik, die man gegen jenes einstweilen noch gebräuchlichste Verfahren gerichtet hat, die Bestimmung der Strangentfernung auf die bei der Felduntersuchung gemachten makroskopischen Beobachtungen zu gründen. Sofern der praktische Kulturtechniker bei einer solchen Untersuchung fähig ist zu bestimmen, um welche Bodenart es sich handelt und aus praktischer Erfahrung weiss, welche Strangentfernung da am zweckmässigsten ist, gelangt er zu einem mindestens ebenso richtigen Ergebnis wie mit Hilfe der genannten anderen Verfahren. Dass es nicht immer gelungen ist — wie es bei Kostkas (28; 1927; 51) Untersuchung der Fall war —, an getrockneten Laboratoriumsproben festzustellen, um welche Bodenart es sich handelt, ist nicht erstaunlich. Selbst gewiegten Bodenforschern ist dies häufig unmöglich. Dennoch kann dieselbe Bodenart, in der Natur gesehen, recht leicht feststellbar sein. Wenn stattdessen der Beobachter bei der okularen Untersuchung bestrebt ist die Menge der abschlämmbaren Bodenteile u. drgl. zu bestimmen und daraufhin die aufgestellten Entfernungsformeln anwendet, so sind die allergrössten Irrtümer möglich.

Wirklich zweckmässige Entfernungswerte sind nur mittels direkter, langandauernder, verschiedene Bodenarten umfassender Strangentfernungsversuche zu gewinnen.

Vergleichen wir z. B. die Hygroskopizität der Lehmschluffprobe N:o 7 und der festen Schlufflehmprobe N:o 10, so stellt es sich heraus, dass die Werte ziemlich gleich sind, sodass mithin die Strangentfernung als annähernd gleich auzunehmen wäre. Es handelt sich indessen hier um zwei ganz verschiedne Bodenarten, deren Entwässerungsbedürfnis keineswegs gleich ist; die Lehmschluffbodenart N:o 7 hat lockere Struktur, ihr Porenvolum ist c. 55 % und ihr Volumgewicht c. 1 200 kg/dm³, während hingegen die dichte Schlufflehmbodenart N:o 10 eine feste Struktur zeigt, beim Trocknen ganz wenig schwindet und sehr hart wird, sowie ein Porenvolum von c. 43 % und ein Volumgewicht von c. 1 550 kg/dm³ hat.

Vergleichen wir weiterhin die nach den auf dem Prozentanteil der abschlämmbaren Teile gegründeten Verfahren gewonnenen Ergebnisse bez. der Strangentfernung in dem durch die Proben N:o 10—14 vertretenen dichten Schlufflehmboden und in dem, den Proben N:o 22—24 entsprechenden Bröckeltonboden, so sehen wir, dass dieselben ziemlich gleich sind. Auch in diesem Fall handelt es sich jedoch um zwei ihrem Entwässerungsbedürfnis nach ganz verschiedene Bodenarten. Das Porenvolum und das Volumgewicht der den Proben 10—14 entsprechenden Bodenart gehen aus den ebengenannten Zahlen hervor, das Porenvolum des den Proben 22—24 entsprechendem Bröckeltonbodens ist c. 70 % und das Volumgewicht c. 0.800 kg/dm³.

Wie aus diesen Beispielen deutlich hervorgeht, *ist es nicht möglich auf Grund nur einer im Laboratorium ermittelten Bodeneigenschaft eine allgemein gültige Grundlage für die Strangentfernungsbestimmung zu finden.* Dazu muss man mindestens zwei, wenn nicht noch mehrere, Bodeneigenschaften kennen, die nicht allein in der Bodentextur begründet sind und auch, wenn überhaupt möglich, eine vollkommen gültige Formel zur Strangentfernungsbestimmung auf Grund der Bodeneigenschaften finden.

Durch Anordnen von Strangentfernungsversuchen betreffs aller kulturell wichtigsten Bodenarten und durch Ermitteln — mit Hilfe von Bodenuntersuchungen — jener Bodeneigenschaften, auf Grund welcher sich in der Praxis möglichst einfach und am besten makroskopisch bestimmen lässt, um welche Bodenart es

sich jeweilig handelt, kann man die Frage von den Beziehungen der Bodenbeschaffenheit und der Strangentfernung am praktischsten lösen.

Da die verschiedenen Bodenarten ihrer Beschaffenheit nach eine fortlaufend sich verändernde Reihe bilden, ist es auch möglich die angemessene Strangentfernung für nicht untersuchte Bodenarten zu bestimmen, die als Übergangsformen zwischen zwei Haupttypen anzusehen sind. Der grösste Teil unserer einheimischen Ackerkulturen sind solche typische Bodenarten. Daher haben wir gute Vorbedingungen um mittels des w. o. geschilderten Serienversuchs zu den praktisch brauchbarsten Ergebnissen zu gelangen.

Dort, wo es diese typischen Bodenarten nicht gibt, wird man gezwungen sein in den Entwürfen die Strangentfernung auf Grund von solchen im Laboratorium ermittelten Bodeneigenschaften — nicht von einer, sondern von mehreren —, deren praktische Bedeutung durch Strangentfernungsversuche erwiesen worden ist, festzustellen.

Der Zweck vorliegender Arbeit ist in erster Linie die Frage von dem Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Strangentfernung ihrer Klärung näher zu bringen, was, wie soeben dargelegt, am besten zu erreichen ist mit Hilfe von Strangentfernungsversuchen, auf verschiedenen typischen Bodenarten angeordnet. Solche Versuche sind jedoch nicht nur hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit auszuführen, sondern dabei müssen auch noch andere, die Strangentfernung beeinflussende Faktoren, die ebenfalls hier zu berücksichtigen sind, eine Rolle spielen

Einer dieser Faktoren ist das *Klima*. SCHILDKNECHT (28; 1927; 5—64) hält es für nötig und ausreichend die Strangentfernung mit 0.2 m zu vermindern für 100 mm Zunahme der Regenhöhe und er findet es zu hoch gegriffen, wenn ZUNKER diese Verminderung zu 1.0 berechnete. Später hat ZUNKER (8; 1928; 8—131) in Bezug auf die Niederschlagsmenge empfohlen, nur die Niederschläge des Winterhalbjahres in Betracht zu ziehen (vom 1/10 bis 31/3), wonach die Strangentfernung um 10 % zu vermindern wäre, wenn diese Niederschläge $>$ 350 mm, und um 10 % zu vermehren, wo dieselben $<$ 250 mm betragen.

Unter den klimatischen Faktoren wirkt jedoch nicht allein die Niederschlagsmenge auf die Strangentfernung, sondern auch die Verdunstungsmenge. Ein regnerischer Sommer in Finnland ist im allgemeinen auch kühl und bewölkt, so dass der Einfluss stärkerer Niederschläge sich schroff geltend macht. So kann in regnerischen Sommern eine 15 m Strangentfernung sich als unzureichend erweisen, während in derselben Bodenart in einem trockenen Sommer eine Strangentfernung von 22.5 m ganz genügend sein kann. Der Unterschied in der jährlichen Niederschlagsmenge kann dabei nur c. 300 mm sein, wovon auf den Sommeranteil etwa 200 mm kommen. Der Einfluss der Regenmenge auf die Strangentfernung bei uns scheint also bedeutend grösser zu sein als von ZUNKER angegeben.

Die genannte Wirkung der Niederschläge hängt offensichtlich auch davon ab, wann und wie die Niederschläge eintreffen. Wenn z. B. zu der Jahreszeit des lebhaftesten Wachstums der Pflanzen eine kräftige, obgleich verhältnismässig kurze Regenperiode auftritt, so kann dies beträchtlich auf das Ernteergebnis einwirken, einerlei ob der Sommer im übrigen normal ist. Es macht auch einen Unterschied, ob der Regen heftig kommt, sodass ein grosser Teil davon als Oberflächenwasser abrinnt oder ob das Wasser Zeit hat durch die Risse des Bodens in die Dräns einzudringen, ehe die Quellung des Bodens alle Risse geschlossen hat, oder anderseits ob es ein täglicher ruhiger Landregen ist,

der gänzlich in die Erde eindringt und die Risse sich schliessen, ehe das Wasser in die Dräns kommt.

Nach Zunkers neuester Veröffentlichung soll aber nur die Niederschlagsmenge im Winterhalbjahr für die Strangentfernung massgebend sein. In Finnland kann jedoch diese Niederschlagsmenge keinen entscheidenden Einfluss auf die Strangentfernung haben. In welchem Umfang das als Schnee gefallene Wasser in den Boden eindringt hängt nämlich nicht ausschliesslich von der Schneemenge ab sondern zum grossen Teil, und wahrscheinlich hauptsächlich, von der Mächtigkeit der gefrorenen Bodenschicht und von dem prozentischen Anteil des mit Eis gefüllten Porenvolumens, sowie von der Geschwindigkeit, mit der im Frühjahr das Auftauen erfolgt. Erstreckt sich die gefrorene Schicht tief, ist der mit Eis gefüllte Teil des Porenvolumen gross und findet eine rasche Schneeschmelze statt, dann läuft das Schmelzwasser hauptsächlich die Oberfläche entlang ab und dringt nicht in den Boden ein und es ist natürlich vom Entwässerungsstandpunkt aus weniger wichtig, ob es viel oder wenig Schnee gibt.

Sicher hat auch das vom Schmelzen der Schneedecke herrührende Wasser einen Einfluss auf die Strangentfernung; in Finnland aber haben die während der Wachstumsperiode gefallenen Regen sich in dieser Hinsicht als ausschlaggebend erwiesen.

Sowohl Zunkers wie auch Schildknechts erste Darstellung scheinen in Bezug auf Finnlands Verhältnisse dem Einfluss der Niederschläge als bestimmender Faktor für die Strangentfernung eine zu geringe Bedeutung zuzuerkennen; ferner machen sie in dieser Beziehung keinen Unterschied zwischen den verschiedenen Bodenarten. In seinem zweiten Referat macht Zunker den Einfluss der Niederschläge abhängig von der unter Normalverhältnissen den verschiedenen Bodenarten angemessenen (idealen) Strangentfernung, wobei also auch die Beschaffenheit des Bodens — als die Strangentfernung beeinflussender Faktor — den Anteil an der im entsprechenden Verhältnis zu den Strangentfernungen stehenden Niederschlagsmenge beeinflussen soll. Zweifelhaft ist jedoch, ob selbst hiermit der Einfluss der Bodenbeschaffenheit genügend berücksichtigt worden ist; wahrscheinlicher ist, dass der Einfluss der Niederschläge in kolloidreichen Böden, wo die Aufquell- und Schwindungserscheinungen eine grosse Rolle spielen, verhältnissmässig grössere Unterschiede in den Strangentfernungen erheischt, als in kolloidarmen Böden.

Durch Verbindungen der Strangentfernungsversuche mit klimatischen Beobachtungen erlangt man mit geringer Mühe Aufschluss über der Einfluss der klimatischen Faktoren auf die Strangentfernung.

Ein zweiter Faktor, der bei Untersuchungen über die Strangentfernung unbedingt beachtet werden sollte, ist das Anbausystem mit den verschiedenen Kulturgewächsen, Bearbeitung und Düngung des Bodens. Da auf dem Gebiet meiner Untersuchungen alle in Finnland gewöhnlichen Kulturpflanzen zum Anbau kommen, gewinnt man durch Beobachtungen über das Gedeihen der verschiedenen in der Fruchtfolge gebauten Pflanzen Aufschluss über die für jede Pflanze passendste Strangentfernung. Ausserdem kann man auch Berechnungen darüber anstellen, welche Strangentfernung — auch bei Anwendung irgendwelcher Fruchtfolge — am zweckmässigsten sei.

Was die zahlreichen anderen, die Strangentfernung beeinflussenden Faktoren betrifft, wie z. B. die Dräntiefe, das Gefälle der Bodenoberfläche und dessen

Himmelsrichtung, das Schichtwasser, das Vorhandensein von Quellen und Ueberschwemmungsgefahr einerseits und den Einfluss der die Bodenentwässerung befördernden natürlichen Wasserstrassen andererseits u. s. w. — so stützt sich ihre Beachtung bei der Entscheidung von Fragen über die Strangentfernung vorläufig auf recht vage Schätzungen.

Eine grosse Zahl dieser Faktoren sind ihrer Natur nach von so äusserst mannigfaltigen und schwerbestimmbaren Umständen abhängig, dass dieselben kaum durch experimentelle, allgemeine Richtlinien gebende Untersuchungen klarzustellen sind. Jedoch gibt es unter ihnen auch einige, die, einer näheren Untersuchung zugänglich, die Ausführung einer solchen geradezu erheischen. Solche sind u. a. die Dräntiefe, sowie Grösse und Himmelsrichtung des Gefälles der Bodenoberfläche.

Nach Scott kann man die Strangentfernung auf je 10 cm Mehrtiefe um 40—100 cm vermehren; nach Kopécky-Janota um 70—155 cm und nach Schildknecht um c. 70—300 cm, so dass in Böden, welche engste Dränung erheischen, die Vermehrung der Strangentfernung am geringsten und in spärlicher zu dränierenden Böden am grössten sein würde.

Nach Zunker (8; 1928; 38—131) wäre pro 10 cm Mehrtiefe die Strangentfernung zu vergrössern:

in leichten Böden bis zu feinsandigen Schlufflehmböden	um 10 %
in feinsandigen Schlufflehmböden	um 5 %
in fetten Tonböden	um 3 %,

also um c. 20—300 cm. Diese Vorschläge sind in der Beziehung gleichartig, dass die Mehrentfernung im Verhältnis zur Mehrtiefe um so grösser ist, je schwächere Dränung der Boden verlangt, was sicherlich ganz richtig ist; hingegen sind die Zusatzmaasse selber sehr schwankend. Ferner ist noch in Betracht zu ziehen, dass man bei Versuchen in Norwegen (112; 1926; 100) zu Ergebnissen gelangt ist, bei denen eine tiefere Dränung sich als schwächer entwässernd erwies.

Am besten lässt sich auch diese Frage mit Hilfe von Versuchen in verschiedenen Bodenarten klarstellen. Sicherlich kann man jedoch schon auf Grund von Niederschlags-, Grundwasserhöhe- und Dränabflusswasser-Messungen, die in Verbindung mit Strangentfernungsversuchen gemacht werden, die natürliche Wasserdurchlässigkeit der verschiedenen Bodenarten ermitteln und daraufhin sowohl den Verlauf der Grundwasserkurve in verschiedenen Bodenarten, wie auch, mit annähernder Genauigkeit, den Einfluss der Mehrtiefe auf die Strangentfernung berechnen.

Auch Blauths Darstellung über den Anteil der in der Dräntiefe auftretenden verschiedenen Bodenarten als ein auf die Strangentfernung einwirkender Faktor kann man weder für theoretisch richtig, noch auch auf Grund von praktischer Erfahrung für stichhaltig ansehen. In allen Bodenwasserdurchlässigkeitsformeln (siehe S. 104) wird die Bewegungsgeschwindigkeit als im graden Verhältnis zum Gefälle stehend dargestellt. Demzufolge ist es für die Strangentfernung nicht gleichgültig, ob irgendeine Bodenart innerhalb der Dräntiefe im Oberflächenteil oder tiefer unten liegt.

Nachdem die Wasserdurchlässigkeit der verschiedenen Bodenarten ermittelt worden ist, kann man den Einfluss auch dieses Faktors mit erheblicher Genauigkeit berechnen.

Aus dem obigen erhellt bereits, wie bei den Strangentfernungsbestimmungen noch heuzutage auf ein summarisches Ermessen der Ergebnisse sehr vager

Beobachtungen gestützt gearbeitet wird und dazu noch auf Grund von auf mannigfaltigen Hypothesen fussenden Theorien, die — der Praxis nicht entsprechend — fehlerhaft sind und bei Bestimmungen von Strangentfernungen zu Missgriffen führen.

Schon mittels der mehrmals erörterten Versuche und Untersuchungen kann man über manche Faktoren mehr Klarheit und dadurch für die Bestimmung von Strangentfernung einen zuverlässigeren Grund gewinnen.

Wie schon oben bemerkt, gibt es unter den die Strangentfernung beeinflussenden Faktoren jedoch viele solche, betreffs welcher man keine allgemeine Richtlinien ergebende Untersuchungen ausführen kann, deren Wirkung also immer an Ort und Stelle nach praktischer Prüfung beurteilt werden muss.

Bei den anzuordnenden Strangentfernungsversuchen und -untersuchungen muss der Einfluss der Bodenbeschaffenheit als das wichtigste gelten, obgleich auch die Bedeutung der anderen Faktoren nicht zu unterschätzen ist. Was zumal die Dräntiefe anbelangt, so hat dieselbe bei Versuchen in Finnland eine relativ geringe Bedeutung, weil man hierzulande aus rein technischen Gründen, wie z. B. wegen der Gefrier- und Wurzelverstopfungsgefahr, gezwungen ist eine recht beträchtliche Tiefe, nämlich in Südfinnland 1.20 m und in Nordfinnland 1.40, auch bei Tonböden, anzuwenden.

4) *Strangentfernungsversuche.*

Schon seit Jahren wurde von vielen Seiten auf die Notwendigkeit von Strangentfernungsfeldversuchen hingewiesen.

Dass bisher keine solche Untersuchung ordentlich in Gang gesetzt worden, ist in der Tat erstaunlich. Sicher rührt dies zum grossen Teil daher, dass man bisher bei den Bodenuntersuchungen nicht genügend die Bodenarten, ihre Eigenschaften und Verbreitung erforscht hat. Offenbar sind zum Teil aus diesem Grunde auch die schon ausgeführten Strangentfernungsversuche — ohne grössere Tragweite und richtunggebende praktische Bedeutung zu erlangen — auf allerhand tastende örtliche Untersuchungen beschränkt geblieben.

Um eine allgemeine und weitgehende praktische Bedeutung zu erzielen müssen die Versuche systematisch, alle kulturell bedeutungsvolleren Bodenarten umfassend, angeordnet werden. Man muss daher, wenn man eine solche, mit der Entwässerung zusammenhängende Untersuchung plant, zunächst zu einem allgemeinen Begriff von den verschiedenen Bodenarten eines jeden Landes und von ihrer Verbreitung in den Anbaugebieten gelangen. Insbesondere kann man diese Untersuchung makroskopisch anstellen oder sie kann sich auf schon ausgeführte Bodenuntersuchungen und auf in der praktischen kulturtechnischen Tätigkeit gewonnene Anschauungen stützen.

Die nächstfolgende Aufgabe ist die, von den wichtigsten Bodenarten Proben zu entnehmen und ihre Eigenschaften zu bestimmen. Auf Grund der gewonnenen Ergebnisse werden für die Versuche diejenigen Bodenarten ausgewählt, die am besten geeignet sind den Einfluss der reihenweise Veränderung gewisser für die Entwässerung des Bodengrundes wichtigen Eigenschaften zu ermitteln und die zugleich praktisch die bedeutungsvollsten sind.

Auf solche von mir ausgeführten Untersuchungen gestützt, habe ich i. J. 1924 dem Provisorischen Zentralausschuss für die Versuchstätigkeit der Finnischen Landwirtschaft einen von mir ausgearbeiteten Plan für die Anordnung von Dränungsversuchen und Untersuchungen vorgelegt, worin die Strangentfernung als wichtigste Versuchsaufgabe dargelegt wurde.

Diesem Vorschlag gemäss angeordnete Feldversuche wurden dann i. J. 1925 in Gang gesetzt, und zwar in fettem Ton, den Proben 18—21 dieser Abhandlung entsprechend, unter Anwendung der Dränentfernungen 12.5—15—17.5—20—22.5 m und der offenen Grabenentfernungen 11.2—16.8—22.4 m und in Bröckelton, Proben 23—24, unter Anwendung der Dränentfernungen 15—20—25—30—35 m und der offenen Grabenentfernungen 12—24—36 m; i. J. 1926 in dichtem Schlufflehm, Proben 10—11, mit den Dränentfernungen 10—12.5—15—17.5—20 m und den offenen Grabenentfernungen 11—16.5—22 m; ferner in Lehmschluff, Proben 7—8, mit den Dränentfernungen 13—17—21—25 m und den offenen Grabenentfernungen 10—20—30 m; endlich i. J. 1927 in Grobsand-Feinsandboden, Proben 3 und 4, mit den Dränentfernungen 15—20—25—30 m und den offenen Grabenentfernungen 11—16.5—20 m.

Für Versuche auf Nieder- und Hochmoor sind bisher nur vorbereitende Untersuchungen ausgeführt worden.

Das Anfangsstadium der Versuche bildet eine vorbereitende Untersuchung, deren Zweck ist zu ermitteln, wieweit auf dem gewählten Versuchsgebiet die Verhältnisse kulturell gleichartig sind. Um dies klarzustellen, sind vor Ausführung der Versuchsdränung auf dem Versuchsfeld Beobachtungen zu machen: 1) über den Stand des Grundwassers, 2) über die Ernteerträge der ausgesteckten Versuchsparzellen und 3) über die physikalischen Eigenschaften der in Frage stehenden Bodenart durch allseitige Untersuchung derselben wenigstens bis zur vollen Dräntiefe und aus genügend vielen Stellen des Versuchsfeldes, was noch zu ergänzen wäre durch genaue Bestimmungen der Ackerkrumenstärke und durch chemische Analysen.

Erst gestützt auf solche vorbereitende Untersuchungen erhält man eine genügend objektive Grundlage für die Ausführung des eigentlichen Versuches und kann dann zur Ausführung der Versuchsdränung schreiten um nachher den eigentlichen Feldversuch in Gang zu setzen.

Zweck dieses Teils meiner Abhandlung ist nicht die Organisierung der Feldsuche zu erörtern, auch nicht die Versuchsergebnisse; beides bildet den Gegenstand eines kommenden zweiten Teils der Abhandlung.

Es sei hier nur auf den schon eben erwähnten Vorschlag zur Organisierung der Dränungsversuche und -untersuchungen hingewiesen, der in schwedischer Sprache in der Zeitschrift »Tidskrift för Finlands Svenska Lantmän», N:o 24, 1925 unter dem Titel »Dräneringsförsök och -undersökningar» gedruckt worden ist.